วารสารสมาคม
อุปกรณ์การแพทย์ไทย
www.thai-bmi.org

ปีที่ 19 ฉบับที่ 45 ประจำปี 2565 (ฉบับประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32)

โรงพยาบาลอัจฉริยะ และความมั่นคงด้านสุขภาพ

Smart Hospital and Health Security

ระหว่างวันที่ 8 - 9 สิงหาคม 2565
ณ โรงแรมเอส ดี อเวนิว กรุงเทพฯ

จัดโดย ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์
สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล
ร่วมกับ สมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย

roborock

เราคือผู้นำนวัตกรรมทำความสะอาด

การันตีด้วยรางวัล การรับรอง จากสถาบันระดับโลก

Roborock (โรโบร็อค) เป็นผู้นำด้านนวัตกรรมหุ่นยนต์ทำความสะอาด เครื่องดูดฝุ่น ระดับโลก ซึ่งบริษัทฯ ให้ความสำคัญในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ทั้งในด้าน Hardware และ Software เองทั้งหมด โดยมุ่งเน้นให้ผลิตภัณฑ์ มีการใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ มีความเสถียร มีความคงทน ฟังก์ชัน ครบครัน เพื่อตอบโจทย์ด้านความสะดวกสบายและการใช้ชีวิตในปัจจุบันได้ดีที่สุดและเป็นผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดของโลก

บริษัท มาร์เก็ตติ้ง 1688 จำกัด
(ตัวแทนจำหน่ายผลิตภัณฑ์แบรนด์ Roborock แต่เพียงผู้เดียวในประเทศไทย)

ดูข้อมูลเพิ่มเติม

ช่องทางการจัดจำหน่าย

Shopee | Lazada | JD CENTRAL JD.CO.TH | Line Shopping | NocNoc.com

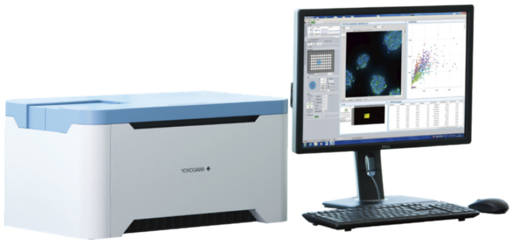
ติดต่อ : E-mail: contact@1688.co.th
TEL.: 082-388-1688
Website: www.roborockthailand.com
Facebook Page: "Roborock Thailand"

YOKOGAWA

Co-innovating tomorrow™

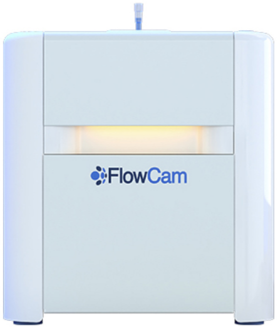
"Process Co-Innovation"

Yokogawa creates new value with our clients for a brighter future.



Confocal Quantitative Image Cytometer CQ1

- Enables measurement of spherical, colonies and tissue sections
- Offers the similar operability to traditional flow cytometer
- Open platform (FCS/CSV/ICE data format readable by third party data analysis software)
- Compact footprint, light weight bench-top device; no need for darkroom



FlowCam 8000 Series

Imaging Particle Analysis Systems

- Provides 40+ morphological measurements on each particle imaged
- Gives statistically relevant results quickly
- Allows automated, trainable, statistically based pattern recognition
- Delivers accurate results on all particles from 300nm to 5mm.
- Auto Focus feature provides convenient, repeatable focus.

Advanced Control Bioreactor System BR1000

- Automation of animal cell culture with accurate real-time monitoring and advanced control
- Accurate real-time monitoring of cell health
- Bioreactor automation with advanced control

System Feature : Basic control of physical parameters
A single integrated system of near-infrared sensors.

Single Cellome™ Unit SU10

Single-cell Analysis Solution

- Single cell Targeting With Direct Delivery Into Nucleus Or Cytoplasm
- Minimal damage to cells
- Automated, High Speed, and High Success Rate.
- The process takes approximately 10 seconds with a 90% success rate.*

yea-th-marketing@yokogawa.com   YokogawaTH   @yokogawathailand

SAINTMED

ใบอนุญาต ฆพ. 808/2565
ปก.T 6400355

SAINTMED

ATK

ชุดตรวจหาเชื้อโควิด-19 แบบตรวจหาเชื้อด้วยตนเอง

นำเข้าโดย บริษัท เซนต์เมด จำกัด (มหาชน)

20 ชิ้น (1 แพ็ค) 699฿

คำเตือน : อ่านคำเตือนในฉลากและเอกสารกำกับเครื่องมือแพทย์ก่อนใช้
คำแนะนำ : ใช้สำหรับตรวจคัดกรองเบื้องต้นเท่านั้น และ เหมาะกับผู้ที่มีประวัติความเสี่ยงสูงในการติดเชื้อโควิด-19 โดยหากมีแอนติเจนของเชื้อโควิด-19 ปริมาณน้อยอาจให้ผลลบปลอมได้

กรณีได้ผลลบแต่มีประวัติที่มีความเสี่ยงสูงหรือใกล้ชิดกับผู้ติดเชื้อควรเฝ้าระวังตนเองและดำเนินการตรวจซ้ำอีกครั้ง 3-5 วัน หรือเมื่อมีอาการป่วย

หมายเหตุ : 1 แพ็ค มี 20 ชิ้น

สนใจสอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

สแกนเพื่อรับชมวิธีการใช้งาน

บริษัท เซนต์เมด จำกัด (มหาชน)
222,222/1-2 อาคารเวสต์อิน คอมเพล็กซ์ชั้น 10 หมู่ 1 ถ.รัตนาธิเบศร์ ต.บางรักใหญ่ อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
02 527 807 5-8 @saintmed info@saintmed.com www.saintmed.com

CPAP

37326 AirSense 10 Elite-APAC
ฆพ.560/2564

APAP

37328 AirSense 10 AutoSet for Her - APAC
ฆพ.560/2564

BiPAP

AirCurve™ 10 CS PACEWAVE

37459 AirCurve 10 CS PWAVE ANZ TRI 4G
ฆพ.1465/2563

AirCurve™ 10 VAUTO

37481 AirCurve 10 V Auto APAC TRI 4G
ฆพ.1465/2563

Lumis™ 150 VPAP ST

28125 Lumis 150 VPAP ST-ANZ TRI 4G
ฆพ.1465/2563

Lumis™ series VPAP ST-A

28207 Lumis 150 ST-A APAC TRI
ฆพ.1465/2563

MASK

ResMed AirFit F20

63421 AirFit F20 MED Sys-APAC
ฆพ.1466/2563

ResMed AirFit N20

63524 AirFit N20 MED Sys-APAC
ฆพ.1466/2563

สนใจสั่งซื้อติดต่อ
บริษัท เซนต์เมด จำกัด (มหาชน)
222,222/1-2 อาคารเวสต์อิน คอมเพล็กซ์ ชั้น 10 ถ.รัตนาธิเบศร์
ต.บางรักใหญ่ อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี 11110
@saintmed
info@saintmed.com
02 527 8075-8
www.saintmed.com

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด
STC MEDIA & MARKETING CO., LTD.

พิมพ์งาน คุณภาพสูง ด้วยระบบดิจิตอลออฟเซ็ท 4 สี

รับจัดทำงานออกแบบ
หนังสือวารสาร
นิตยสาร
รายงานประจำปี
โบรชัวร์
โปสเตอร์
หนังสือรุ่น
แค๊ตตาล๊อก
คู่มือผลิตภัณฑ์
สื่อโฆษณาทุกชนิด
ทำเนียบผู้ประกอบการ
งานสิ่งพิมพ์ทุกชนิด
ตำราวิชาการของ-
มหาวิทยาลัยต่างๆ
คู่มือประจำตัวนักศึกษา-นักเรียน

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด
69 ซอยประชานุกูล 3 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
Tel. 0-2910-0813-4, 0-2556-1112-3, 0-2586-8887 Fax : 0-2556-1117, 0-2910-1431
E-mail : stcmedia2000@yahoo.com, stcmedia2016@gmail.com

TREAT MED COMPANY LIMITED
Treatmed
Treat Med Company Limited
Treat Med ตัวแทนจำหน่าย Fluke Biomedical
และ RaySafe เพียงรายเดียวในประเทศไทย
- Radiation Measurement
- Biomedical Test Equipment
- Dosimeters
FLUKE Biomedical
RaySafe™
A Fluke Biomedical Company
LANDAUER®
Call Center
Tel. 02-965-5585
08-4151-5776
Fax. 02-965-5560
70 ซอยรัตนาธิเบศร์ 28 แยก 2 ตำบลบางกระสอ อำเภอเมืองนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี 11000
E-mail : treat_med@yahoo.com
kaokla.treatmed@gmaiil.com
www.treatmed.co.th
www.facebook.com/treatmed/

9SIAM MEDICAL
9siam Medical
บริษัท เก้าสยามเมดิคอล จำกัด
9SIAM MEDICAL CO., LTD.
Specializes in services all medical equipment High quality, We have a designated team of highly skilled biomedical engineers to repair every piece of equipment according to the original manufacturers' specifications assuring quality and functionality, all equipment after repair must be approved by the Quality Calibration Team.
SPACELABS HEALTHCARE
ADC
bsi. ISO 9001 Quality Management
ISO9001 : 2015
FS631424
695 ถนนพุทธมณฑลสาย3 แขวงศาลาธรรมสพน์ เขตทวีวัฒนา กรุงเทพมหานคร 10170
Tel : 02-077-7772 Fax : 02-077-7772 Website : www.9siammedical.co.th

วารสารสมาคม
อุปกรณ์การแพทย์ไทย

ปีที่ 19 ฉบับที่ 45 **ISSN 1685-6244** **สิงหาคม 2565**

สารบัญ

การประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32

หน้า

เอกสารประกอบการบรรยาย

- เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับโรงพยาบาลอัจฉริยะ : อนุชิต นิรภัย และคณะ 1–7
- เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโรงพยาบาลอัจฉริยะ เทคโนโลยีสุขภาพแห่งอนาคต : สื่อจิตต์ เพ็ชร์ประสาน และคณะ 8–12
- Applications of AI Medical Image Processing : Jamie A. O'Reilly 13–15
- Smart Ventilator : อาทร สรรพานิช 16–26
- ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ (Cyber Security) : สุรนันท์ น้อยมณี 27–43
- เทคโนโลยีบล็อกเชนสำหรับเทคโนโลยีสุขภาพอัจฉริยะ : เชฎฐเนติ ศรีสอ้าน 44–49
- ระบบจัดยาอัตโนมัติแบบรวมศูนย์และระบบขนส่งในโรงพยาบาล : อาทร ประภาประไพ 50–58
- ระบบสารสนเทศสำหรับช่วยบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (WepMEt) : ณัฐดนัย สิงห์ดลีวรรณ 59–72
- โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital) : อนุชิต นิรภัย และคณะ 73–78

เอกสารประกอบการดำเนินงาน

- หนังสือขออนุมัติจัดประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 79
- กำหนดการจัดประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 80–81

วารสารสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย

งานวิจัย

- การพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในยุคโควิด-19 : พิชญ์สินี สุวรรณแพทย์ และคณะ 82–90
- การพัฒนาระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยวิธีทำการแห้งแบบเยือกแข็ง : จักรพงศ์ อังกลมเกลียว และคณะ 91–102

นานาสาระ

- ตัวฉันคือ...45* 103–109
- ผู้สนับสนุนงานประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 110–112

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

คณะกรรมการประเมินบทความ
(Peer-Reviewer)

ศ. ดร. นพ.พงศ์ธารา วิจิตเวชไพศาล
รศ. ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
รศ.บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา
รศ. ดร.ชิษณุทัศน์ บรรลือโชคชัย
รศ.นันทชัย ทองแป้น
Prof. Dr.Keiji Iramina (Kyushu U., Japan)
Prof. Dr.Kazuhiko Hamamoto (Tokai U., Japan)
รศ. ดร.สุรนันท์ น้อยมณี
อ. ดร.วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์

บรรณาธิการ
ผศ.สมศรี ดาวฉาย

กองบรรณาธิการ

รศ. ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์
ผศ.ไชย์ณพัฒน์ อภัยวงศ์
อ.พิเชฐ พงศาภักดี
ผศ.สุเมธี ธนังกุล
นางพิมลพัตร์ บรรลือโชคชัย
นายคำนึง วงศ์เจริญ
ผศ.ยงยุทธ ขจรปรีดานนท์
ผศ. ดร.อาทร สรรพานิช
อ. ดร. ทนพ.วัชระ สร้อยคำ
รศ. ดร.สมชาติ แตรตุลาการ
นายชะเอม ไพเราะ
นายปรารภ ไม้สน
อ.ดร.วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์
ดร.ชินกร สุจิมงคล
ผศ. ดร.ดิเรก เสือสีนาค
ผศ. ดร.อารียา จิรธนานุวัฒน์
นายกุศล เพ็ชรทรัพย์

สำนักงานกองบรรณาธิการ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์
สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล
จังหวัดนครปฐม 73170
โทร. 0 2441 9350, 0 2441 9742,
061-305-5565
โทรสาร 0 2441 0193
E mail : stcpr@mahidol.ac.th
URL : www.thaibmi.org
URL : http://medequip.st.mahidol.ac.th
www.facebook.com/Thai BMI

เจ้าของ
สมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย
"ข้อความหรือบทความใดๆ ที่ตีพิมพ์เผยแพร่ใน วารสารสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทยฉบับนี้เป็น ความคิดเห็นเฉพาะตัวของผู้เขียน"

ปก : อ. ดร.นริศรา โกมลวรรธนะ
รูปเล่ม : นางพิมลพัตร์ บรรลือโชคชัย
นายชะเอม ไพเราะ
จัดพิมพ์โดย : บริษัท เอสทีซี มีเดีย & มาเก็ตติ้ง จำกัด
โทรศัพท์ 0 2910 0820-1
โทรสาร 0 2910 0821

วารสารสมาคม
อุปกรณ์การแพทย์ไทย
ปีที่ 19 ฉบับที่ 45 สิงหาคม 2565
ISSN 1685-6244

บทบรรณาธิการ

วารสารสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทยฉบับนี้เป็นฉบับประกอบการประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 ซึ่งจะจัดขึ้นในวันที่ 8–9 สิงหาคม 2565 ณ ห้องอมรินทร์ โรงแรม เอส ดี อเวนิว ถนนบรมราชชนนี กรุงเทพมหานคร

เนื้อหาส่วนแรก จึงเป็นเอกสารประกอบการบรรยายครั้งนี้เป็นเรื่อง **"โรงพยาบาลอัจฉริยะและความมั่นคงด้านสุขภาพ (Smart Hospital and Health Security)"** เริ่มจากปาฐกถาศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพศย์ ได้องค์ปาฐกมาถ่ายทอดหัวข้อเรื่อง "Marching through the Long Critical Pandemic" และเนื้อหาการประชุมมีหัวข้อเรื่อง Medical ILT : ระบบ Smart OPD/Smart IPD/Smart ER/Smart OR, เทคโนโลยี AI กับ Smart Hospital เทคโนโลยีสุขภาพแห่งอนาคต, Smart Ventilator, ความปลอดภัยทางด้านไซเบอร์, การประยุกต์ใช้ Blockchain กับเทคโนโลยีสุขภาพ, หุ่นยนต์ทางการแพทย์และรบบขนส่งยาอัตโนมัติ, ระบบสารสนเทศสำหรับช่วยบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (WepMEt), ระบบ Smart Hospital Engineering

นอกจากนั้น ก็มีบทความประจำวารสารเช่นเดิม คือ งานวิจัยหัวข้อเรื่อง "การพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในยุคโควิด-19" การพัฒนาระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยวิธีทำการแห้งแบบเยือกแข็งและเรื่องราวเกี่ยวกับการบำรุงรักษาเครื่องมือแพทย์ในเรื่องตัวฉันคือ...45* หวังว่าจะเป็นที่ถูกใจอย่างยิ่ง

เช่นเดิมมีอะไรชี้แนะเรายินดีค่ะ

สมศรี ดาวฉาย
s.daochai@gmail.com

คณะกรรมการที่ปรึกษา

พล.ต.ท.หญิง สุวัฒนา โภคสวัสดิ์
ผศ.ไชย์ณพัฒน์ อภัยวงศ์
รศ.บุญเจริญ วงศ์กิตติศึกษา
ภก.ปราโมทย์ ตันวัฒนะ
ภก.ปรีชา พันธุ์ติเวช
ผศ.สุเมธี ธนังกุล
อ.พิเชฐ พงศาภักดี
รศ. ดร.สุรนันท์ น้อยมณี
สาธิต นฤภัย

คณะกรรมการ
สมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย

ผศ.สมศรี ดาวฉาย	นายกสมาคม
รศ. ดร.ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์	อุปนายก
อ. ดร.วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์	อุปนายก
ผศ.ยงยุทธ ขจรปรีดานนท์	เหรัญญิก
รศ.นันทชัย ทองแป้น	ปฏิคม
ชะเอม ไพเราะ	ประชาสัมพันธ์
พิมลพัตร์ บรรลือโชคชัย	นายทะเบียน
คำนึง วงษ์เจริญ	กรรมการ
ดร.ชินกร สุจิมงคล	กรรมการ
ผศ. ดร.ดิเรก เสือสีนาค	กรรมการ
นาวาอากาศโท ภิญโญ ขำแก้ว	กรรมการ
รศ.สมชาติ แตรตุลาการ	กรรมการ
อาทร ประภาประไพ	กรรมการ
ผศ. ดร.อารียา จิรธนานุวัฒน์	กรรมการ
อ. ดร. ทนพ.วัชระ สร้อยคำ	กรรมการและเลขานุการ

STC MEDIA & MARKETING

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด

STC MEDIA & MARKETING CO., LTD.

พิมพ์งาน คุณภาพสูง ด้วยระบบดิจิตอลออฟเซ็ท 4 สี

รับจัดทำงานออกแบบ
หนังสือวารสาร
นิตยสาร
รายงานประจำปี
โบรชัวร์
โปสเตอร์
หนังสือรุ่น
แค็ตตาล็อก
คู่มือผลิตภัณฑ์
สื่อโฆษณาทุกชนิด
ทำเนียบผู้ประกอบการ
งานสิ่งพิมพ์ทุกชนิด
ตำราวิชาการของ-
มหาวิทยาลัยต่างๆ
คู่มือประจำตัวนักศึกษา-นักเรียน

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด

69 ซอยประชานุกูล 3 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Tel. 0-2910-0813-4, 0-2556-1112-3, 0-2586-8887 Fax : 0-2556-1117, 0-2910-1431

E-mail : stcmedia2000@yahoo.com, stcmedia2016@gmail.com

เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่งสำหรับโรงพยาบาลอัจฉริยะ
Medical Internet of Things for Smart Hospital

อ.อนุชิต นิรภัย* อ.อนันตศักดิ์ วงศ์กำแหง
อ.รัชนี เสร์สุวรรณ์ รศ.นันทชัย ทองแป้น
วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
*Email: anuchit.ni@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีอินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง หรือเรียกสั้น ๆ ว่า IoT (Internet of Things) เป็นระบบที่รวมอุปกรณ์ทางกายภาพด้านซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์เพื่อโต้ตอบกับอุปกรณ์หรือระบบต่างๆ ซึ่งในปัจจุบันหลาย ๆ ประเทศเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ทำให้เกิดความขาดแคลนทรัพยากรทางด้านการดูแลสุขภาพ และค่าใช้จ่ายทางการแพทย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้เทคโนโลยีที่ใช้ IoT มีความจำเป็น สำหรับการพัฒนาระบบเพื่อรับมือกับความต้องการเหล่านี้ในการดูแลสุขภาพ การใช้งานหลักของ IoT ในการดูแลสุขภาพประกอบด้วยสถาปัตยกรรม IoT ในการดูแลสุขภาพ เทคโนโลยีที่สำคัญที่สุดใน IoT คือการจัดเก็บข้อมูลบนคลาวด์ ซึ่งมีปัจจุบันยังคงมีปัญหาด้านความปลอดภัย และความสามารถในการทำงานร่วมกันในระบบ นอกจากนี้ความท้าทายของระบบ IoT ในการดูแลสุขภาพ ส่วนใหญ่เป็นการให้บริการดูแลสุขภาพที่บ้าน เป็นหนึ่งในพื้นที่การใช้งานหลักของ IoT ในการดูแลสุขภาพ ซึ่งนิยมใช้สถาปัตยกรรมบนคลาวด์ เพราะมีความยืดหยุ่น และความสามารถในการปรับขนาดได้ดี จึงถูกนำไปประยุกต์ใช้งาน ทางด้านเทคโนโลยีการสื่อสารรวมถึงระบบสื่อสารแบบไร้สาย (Wi-Fi) บลูทูธ RFID ZigBee และระบบไร้สายพลังงานต่ำ Personal Area Networks (LoWPAN) มักถูกใช้ในระบบ IoT ที่แตกต่างกัน นอกจากนั้น ความปลอดภัยและปัญหาความสามารถในการทำงานร่วมกันในสถาปัตยกรรม IoT ในด้านสุขภาพยังคงมีจำนวนน้อย ทำให้เกิดผลกระทบที่สำคัญที่สุดของ IoT ในความสามารถในการแลกเปลี่ยนข้อมูลการพักรักษาตัวในโรงพยาบาล และค่ารักษาพยาบาลที่ลดลง ความท้าทายหลักของ IoT ในการดูแลสุขภาพ คือ ปัญหาด้านความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวในการนำไปใช้สำหรับโรงพยาบาลอัจฉริยะ

คำสำคัญ อินเตอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โรงพยาบาลอัจฉริยะ

ในอนาคตอันใกล้เทคโนโลยี IoT จะถูกนำมาประยุกต์ใช้ใน การรักษาพยาบาลที่มีการขยายตัวอย่างมาก ระบบสุขภาพแสวงหาแนวทางใหม่ ๆ สำหรับการให้บริการอยู่เสมอ ลดต้นทุนและปรับปรุงคุณภาพการรักษาพยาบาล ดังนั้นการพึ่งพาในเทคโนโลยี IoT จึงเป็นไปได้เพิ่มขึ้น การใช้เทคโนโลยีเหล่านี้ช่วยเพิ่มขีดความสามารถ ให้ผู้ป่วยปฏิบัติตามหลักการดูแลตนเองซึ่งนำไปสู่ความคุ้มทุนของบริการด้านการแพทย์ เพิ่มความพึงพอใจของผู้ป่วย และการจัดการตนเองที่ดีขึ้น นอกจากนี้ ยังใช้ IoT สำหรับการตรวจสอบทางสรีรวิทยาจากระยะไกล สถานะในผู้ป่วยที่ต้องได้รับการดูแลอย่างต่อเนื่อง มีการพัฒนาระบบการดูแลสุขภาพที่ชาญฉลาดเป็นไปได้โดยการรวมกันของสถาปัตยกรรม IoT ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ภาพที่สมบูรณ์ของสถานะสุขภาพของผู้ป่วย โซลูชั่นที่ขับเคลื่อนด้วย IoT อาจเป็นประโยชน์ในการสร้างระบบที่ครอบคลุมโดยมีการเชื่อมต่อโครงข่ายต่างกัน ปัจจุบันกำหนดแอปพลิเคชันหลักพื้นที่ของ IoT ในปัญหาด้านการดูแลสุขภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีจากยุคอนาล็อกเป็นดิจิตอล แทนการจดบันทึกบนกระดาษ และการนำโครงข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงมาใช้ ทำให้แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์บันทึกข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ทางการแพทย์ในคอมพิวเตอร์ อีกทั้งฮาร์ดแวร์ คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ประมวลผล และฝึกฝนโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์มีราคาถูกลง และบุคลากรทางการแทพย์ต้องการนำข้อมูลดิจิตอลเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงได้เกิดการพัฒนาศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์แบบก้าวกระโดด จึงมีการนำ IoT มาใช้ในระบบสุขภาพมากขึ้นเพื่อเตรียมข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมเพื่อให้ตอบโจทย์ในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ต่อไปในอนาคต

เทคโนโลยีที่ใช้ใน IoT ส่วนใหญ่จะเป็นเทคโนโลยีทางด้านการสื่อสารเป็นหลัก โดยเทคโนโลยีที่ใช้ใน IoT มีตัวอย่างดังต่อไปนี้

เทคโนโลยีการรับรู้และการระบุตัวตนเป็นรากฐาน ที่รองรับการเติบโตในระยะยาวของ IoT เป็นผู้รับผิดชอบ สำหรับการได้มาซึ่งข้อมูล โดยการกำหนด Unique ตัวระบุ (UID) ไปยังระบบที่เกี่ยวข้องทำให้สามารถเรียกคืนและจดจำได้โดยไม่มีความคลุมเครือ ในการดูแลสุขภาพ สิ่งแวดล้อมทรัพยากรทุกอย่าง เช่น โรงพยาบาลฉุกเฉิน ศูนย์คลินิกเวชศาสตร์ฟื้นฟูและผู้ดูแลมีความเกี่ยวข้องกับ UID ดิจิทัล Radio-Frequency Identification เป็นเทคโนโลยีการสื่อสารที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อจัดการกับการสื่อสารระยะใกล้ RFID ประกอบด้วยแท็กและเครื่องอ่านที่สื่อสารกับแต่ละแท็ก สำหรับการรับและส่งสัญญาณ ในแอปพลิเคชัน IoT ข้อมูลส่วนใหญ่ที่ใช้ในแท็ก RFID คือรหัสผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ (EPC) EPC ใช้เพื่อไม่ซ้ำกัน ระบุวัตถุ ด้วยแท็กเหล่านี้ เราสามารถมั่นใจได้ว่า แต่ละอุปกรณ์มีเอกลักษณ์เฉพาะตัวในสภาพแวดล้อม IoT ปัจจุบันเทคโนโลยี RFID พร้อมคุณสมบัติที่โดดเด่น เช่น แท็กราคาถูก เชื่อถือได้ และความสามารถในการติดตามทำให้เป็นโซลูชันที่เหมาะสมสำหรับ IoT นอกจากนี้ เทคโนโลยี NFC ยังเป็นอีกหนึ่งโปรโตคอลการสื่อสารระยะใกล้ที่สร้างกลไกการตรวจสอบสิทธิ์ที่ง่าย

และปลอดภัยระหว่างวัตถุต่าง ๆ เทคโนโลยีนี้รองรับอุปกรณ์ในสามโหมดการทำงาน ได้แก่ ผู้อ่าน การจำลองในโหมดผู้อ่าน และนักเขียนระบบจะทำงานแบบไร้สัมผัส ผู้อ่านเพื่อรับข้อมูลหรือกระตุ้นการดำเนินการ ในโหมดเพียร์ทูเพียร์ระบบจะทำงานเป็นช่องทางการสื่อสารสองทาง สุดท้ายในโหมดจำลองการ์ด NFC ช่วยให้อุปกรณ์ทำหน้าที่เหมือนสมาร์ทการ์ด

LR - WPAN เครือข่ายพื้นที่ส่วนบุคคลไร้สาย (WPAN) เป็นหนึ่งในเครือข่ายหลัก ในแอปพลิเคชัน IoT ระยะทางใกล้ หนึ่งในประเภทย่อยของเทคโนโลยีนี้คือ Low-Rate WPANs (LR-WPANs) LR-WPAN เครือข่ายการสื่อสารราคาประหยัดใช้พลังงานน้อยที่สุด และช่วยให้การถ่ายโอนข้อมูลที่เชื่อถือได้โดยใช้โปรโตคอลในการรับส่งข้อมูล

บลูทูธ เป็นเครือข่ายการสื่อสารไร้สายประเภทหนึ่ง พัฒนาขึ้นสำหรับระยะทางใกล้ เทคโนโลยีนี้ช่วยให้การสร้างเครือข่ายระหว่างอุปกรณ์สองเครื่องขึ้นไป และใช้วิธีการป้องกันที่ขึ้นอยู่กับการพิสูจน์ตัวตนและการเข้ารหัส ใช้คลื่นวิทยุ 79 ย่านความถี่ ช่องสัญญาณที่มีแบนด์วิดท์ 1 MHz บนแบนด์วิดธ์ 2.4 GHz ตามคลาสอุปกรณ์บลูทูธ เทคโนโลยีนี้คือ สามารถเชื่อมต่อได้ไกลถึง 100 ม. ด้วยความเร็วสูงสุดถึง 3 Mbps. ปัจจุบันเนื่องจาก แอปพลิเคชัน IoT ส่วนใหญ่ใช้ในการตรวจสอบทางไกลอุปกรณ์ทั้งหมดที่จัดระเบียบในสถานการณ์นี้ขึ้นอยู่กับโซลูชันที่ใช้พลังงานต่ำเช่นบลูทูธ

Zigbee เป็นเทคโนโลยีไร้สายที่พัฒนาขึ้นเพื่อเป็นรากฐานสำหรับ IoT โดยทำให้วัตถุสามารถทำงานร่วมกันได้ โครงสร้างของโปรโตคอลนี้ประกอบด้วย end-nodes เราเตอร์ ผู้ประสานงาน และศูนย์ประมวลผลการประมวลผล ศูนย์รับผิดชอบการรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล ZigBee มักเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ต้องการ ในการใช้งาน IoT เนื่องจากมีคุณสมบัติมากมาย เช่นความปลอดภัยและความยืดหยุ่นของเครือข่าย ความสามารถในการทำงานร่วมกันและ ใช้พลังงานต่ำ เทคโนโลยีนี้สามารถดำเนินการเมื่อวัตถุเกิดความผิดปกติในขณะที่วัตถุอื่น ๆ ยังคงสื่อสารกันต่อไปโดยไม่หยุดชะงัก

Wi-Fi เทคโนโลยีไร้สายเป็นองค์ประกอบหลักของ IoT Wi-Fi ใช้ในด้านต่างๆเช่นระบบอัตโนมัติในบ้าน อุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่สวมใส่ได้อุปกรณ์เคลื่อนที่ และกริดอัจฉริยะ ขึ้นอยู่กับ Wi-Fi หากเครือข่ายท้องถิ่นไร้สายผลิตภัณฑ์ (WLAN) เป็นไปตามมาตรฐาน IEEE 802.11 ซึ่งถือว่าอยู่ในหมวดหมู่ Wi-Fi LAN ที่ใช้ Wi-Fi คือ มีให้บริการในโรงพยาบาลส่วนใหญ่

WiMAX การทำงานร่วมกันทั่วโลกสำหรับการเข้าถึงคลื่นไมโครเวฟเป็นหนึ่งเดียว ส่วนประกอบของมาตรฐานซีรีส์ 802.16 สำหรับเครือข่ายปริมณฑลไร้สาย (WMAN) หนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญของมาตรฐาน WiMAX

เริ่มต้น IEEE 802.16a ก็ว่าได้ดำเนินการในคลื่นความถี่ที่ได้รับอนุญาตและไม่มีใบอนุญาตและมีช่วงคลื่นความถี่ตั้งแต่ 2 ถึง 11 GHz ในIEEE 802.16a, เสาอากาศรับส่งสัญญาณมาตรฐาน WiMAX ของอุปกรณ์ต้นทางและปลายทางไม่จำเป็นต้องใช้โดยตรงแนวสายตาระหว่างกันขณะที่อุปกรณ์ทำงานช่วงความถี่ต่ำ ฟอรัม WiMAX เปิดตัวมาตรฐาน IEEE 802.16b เพื่อมอบคุณภาพที่ดีให้กับลูกค้าบริการเสียง และข้อมูลแบบเรียลไทม์ มันมีปฏิบัติการย่านความถี่ 5–6 GHz. นอกจากนี้ WiMAX IEEE 802.16c ช่วยให้สามารถทำงานร่วมกันได้ระหว่างผู้ให้บริการรายอื่นอุปกรณ์และแกดเจ็ตและมีย่านความถี่ในการทำงานช่วง 10–66 GHz

Mobile communications เครือข่ายการสื่อสารเคลื่อนที่ได้รับความนิยมอย่างมาก การเปลี่ยนแปลงยุคแรกมีพื้นฐานมาจากระบบอนาล็อก ใช้สำหรับการส่งเสียงแบบเรียลไทม์ผ่านเครือข่าย เครือข่ายรุ่นที่สอง (2G) มีโครงสร้างพื้นฐานเครือข่ายดิจิทัลที่รองรับการส่งข้อความ นอกจากนี้ความต้องการแลกเปลี่ยนข้อมูลออนไลน์เน้นถึงความต้องการสำหรับการพัฒนาระบบรุ่นที่สาม (3G) เทคโนโลยี 3G สามารถสร้างโครงสร้างพื้นฐานระดับโลกซึ่งรองรับบริการต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงสร้างพื้นฐานนี้ควรได้รับการปรับให้เหมาะสมเพื่อรองรับเทคโนโลยีการปฏิวัติในช่วงเวลา ข้อกำหนดนี้จะเป็นไปได้หากอุปกรณ์เข้าถึงข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งและผู้ใช้แอปพลิเคชันถูกแยกออกจากกัน เพื่อเอาชนะข้อจำกัดบางประการของ 3G และเพิ่มคุณภาพของบริการและแบนด์วิดท์รวมทั้งลดต้นทุนทรัพยากรแนวคิดรุ่นที่ 4 (4G) ได้รับการเสนอเครือข่ายมือถือไร้สายนี้มีคุณภาพการบริการเช่นเดียวกันเป็นอินเทอร์เน็ตคงที่ นอกจากนี้รุ่นที่ 5 (5G) เครือข่ายอินเทอร์เน็ตสามารถนำมาซึ่งการสื่อสารไร้สายที่สมบูรณ์แบบโดยไม่มีข้อจำกัด ในทางกลับกันเครือข่าย 5G เปรียบเทียบเป็น 4G ให้ความจุของระบบสูงและพลังงานที่ดีขึ้นประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เครือข่ายรุ่นที่ 6 (6G) คือ เสนอให้รวมดาวเทียมเข้าด้วยกันเพื่อให้ครอบคลุมได้ดีขึ้นในวงกว้างพื้นที่

Wireless sensor networks (WSN) เครือข่ายเซ็นเซอร์ไร้สายประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่แตกต่างกันเพื่อตรวจสอบสภาพของโลกทางกายภาพ ประกอบด้วย สามองค์ประกอบหลัก โหนด เราเตอร์ และเกตเวย์ ที่จะรวบรวมข้อมูลจากสิ่งแวดล้อม ระบบ WSN สามารถแบ่งออกเป็นสองประเภทคือสวมใส่ได้ และส่วมใส่ไม่ได้ประเภทของเซ็นเซอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้บ่อยในการดูแลสุขภาพเพื่อตรวจสอบสภาพผู้ป่วยในการดูแลสุขภาพที่บ้านและระบบอัตโนมัติในบ้าน WSN เนื่องจากมีประโยชน์หลายประการ เช่นความครอบคลุมที่กว้างขวางต้นทุนการติดตั้งต่ำและการรวบรวมข้อมูลแบบเรียลไทม์ ถูกนำไปใช้ในด้านต่าง ๆ เช่น สถานการณ์ฉุกเฉินการจัดการการปฏิบัติการทางทหารการติดตามการเคลื่อนไหวของสัตว์และระบบตรวจสอบการดูแลสุขภาพ ความสามารถบางอย่างของ WSN สำหรับการตรวจสอบด้านการดูแลสุขภาพรวมถึงการตรวจสอบข้อมูลทางสรีรวิทยาของมนุษย์ยาและการตรวจสอบอุปกรณ์ในโรงพยาบาล และสถานการณ์ฉุกเฉินการจัดการ เทคโนโลยีการตรวจจับ

เป็นสิ่งจำเป็นเครื่องมือสำหรับการได้มาซึ่งพารามิเตอร์ทางสรีรวิทยาจากผู้ป่วย จุดสนใจหลักของเซ็นเซอร์ที่ใช้ในสถานพยาบาล คือ การวัดพารามิเตอร์ ณ จุดดูแลเช่นการตรวจคัดกรองทางการแพทย์ และการตรวจวินิจฉัย เซ็นเซอร์ที่ติดตั้งการเชื่อมต่อไร้สายโดยชีวการแพทย์ การได้มาของสัญญาณสร้างโอกาสใหม่ ๆ ในการตรวจสอบสภาพผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง ปัจจุบันมีความสนใจที่จะใช้เซ็นเซอร์ที่ทำงานเพื่อตรวจจับที่เกี่ยวข้องกับอาหารมากขึ้น การตรวจหาภูมิแพ้ การติดตามการตั้งครรภ์ และระดับคอเลสเตอรอลการตรวจสอบเช่นเดียวกับ Deoxyribonucleic Acid (DNA) - ตามการวิเคราะห์ทางเคมีไฟฟ้า นอกจากนี้ ผลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ดังกล่าวสามารถใช้เพื่อการตัดสินใจที่เหมาะสมเกี่ยวกับสถานการณ์ของผู้ป่วย โดยปกติแล้วเซ็นเซอร์ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบด้านสุขภาพ ได้แก่ เซ็นเซอร์เฉื่อย(เช่นเครื่องวัดความเร่งไจโรสโคปและเซ็นเซอร์ความดัน) ไบโอเซนเซอร์ เช่นการตรวจสอบคลื่นไฟฟ้าหัวใจ (ECG) อุณหภูมิและเซ็นเซอร์วัดอัตราการเต้นของหัวใจ]และเซ็นเซอร์ที่สวมใส่ได้ เช่น วงออกกำลังกาย และโทรศัพท์มือถือ ตารางที่ 1 แสดงเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ IoT ตามพารามิเตอร์หลัก เช่น มาตรฐานการสื่อสารย่านความถี่ อัตราสัญญาณสูงสุด แบนด์วิดท์ของช่อง แบตเตอรี่อายุการใช้งาน (วัน) อัตราการส่งผ่านและค่าใช้จ่าย

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ใน IoT

Parameters	Wi-Fi	WiMAX	LR-WPAN	Mobile communication	Bluetooth	RFID	ZIGBEE	WSN
Standard	IEEE 802.11 a/c/b/d/g/n	IEEE 802.16	IEEE 802.15.4	2G-GSM, CDMA 3G-UMTS CDMA2000 4G-LTE	IEEE 802.15.1	ISO/IEC 15,693	802.15.4	IEEE 802.15.4
Frequency band	5–60 GHz	2–66 GHz	868/915 MHz 2.4 GHz	865 MHz, 2.4 GHz	2.4 GHz	860–960 MHz and 2.4 GHz	868/915 MHz 2.4 GHz	902–928 MHz
Data rate	1 Mb/s–6.75 Gb/s	1 Mb/s–1 Gb/s (fixed) 50–100 Mb/s (mobile)	40–250 Kb/s	2G: 50–100 kb/s 3G: 200 kb/s 4G: 0.1–1 Gb/s	1–24 Mb/s	106 k–424 kbps	20 k–250 kbps	20–250 Kb/s
Transmission range	20–100 m	<50 Km	10–20 m	Entire cellular area	8–10 m	Up to 100 m (325 feet)	10–75 m	20–100 m
Energy consumption	High	Medium	Low	Medium	Bluetooth: Medium BLE: Very Low	Medium	Medium	High
Cost	High	High	Low	Medium	Low	Low	Medium	High

จากเทคโนโลยีที่กล่าวมาข้างต้นสามารถนำ IoT มาใช้ให้เกิดประโยชน์สำหรับโรงพยาบาลตามความต้องการแยกตามหน่วยงานและหน้าที่ยกตัวอย่างได้ ดังนี้

Smart OPD ระบบปฏิบัติการแผนกผู้ป่วยนอกอัจฉริยะ สามารถส่งต่อข้อมูลไปยัง HIS ได้ทันที ระบบจัดการคิวอัจฉริยะ สามารถ Scan เลข HN บนบัตรผู้ป่วย หรืออ่านข้อมูลจากบัตรประชาชนเพื่อตรวจสอบสิทธิและสามารถแยกประเภทผู้ป่วยได้ตามต้องการ

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

Smart IPD เช่น การนำ Vital Sign connect ภาคการเชื่อมต่อเครื่องวัดสัญญาณชีพเชื่อมต่อเครื่องวัดสัญญาณชีพ แล้วสามารถนำข้อมูลสัญญาณชีพต่างๆ บันทึกเข้าในระบบใส่ข้อมูลสัญญาณชีพ เพิ่มเติมผ่านโปรแกรมเข้าไปในระบบนำข้อมูลสัญญาณชีพต่างๆ มาวิเคราะห์และแสดงผลภาพรวมในรูปแบบของ Early Warning Score หรือ SOS score ประเมินความรุนแรงของอาการผู้ป่วยทันทีและติดตามประเมินอาการต่อเนื่อง เชื่อมโยงข้อมูลระบุตัวผู้ป่วย จากระบบ HIS (Hospital Information System)

Nurse record ภาคแบบบันทึกการพยาบาลใส่ข้อมูลสัญญาณชีพเพิ่มเติม ผ่านโปรแกรมเข้าไปในระบบ นำข้อมูลสัญญาณชีพต่าง ๆ มาวิเคราะห์และแสดงผลภาพรวมในรูปแบบของ Early Warning Score หรือ SOS score ประเมินความรุนแรงของอาการผู้ป่วย และติดตามประเมินอาการต่อเนื่อง บันทึกข้อมูลและแสดงผลในรูปแบบของฟอร์มปรอท และสามารถสั่งพิมพ์ฟอร์มปรอทได้ เชื่อมโยงข้อมูลระบุตัวผู้ป่วย จากระบบ HIS (Hospital Information System) ประเมินประเภทผู้ป่วยทางการพยาบาลได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

DASHBOARD DISPLAY ภาคแสดงผลโดยรวม แสดงผลประเมินความรุนแรงของอาการผู้ป่วยทั้งหมดภายในวอร์ดสามัญทั่วไป ประเมินภาระงานโดยใช้เกณฑ์การแบ่งประเภทผู้ป่วยทางการพยาบาลแสดงผลข้อมูลผลเลือดต่าง ๆ และข้อมูลยา ของผู้ป่วยรายบุคคลแสดงผลข้อมูลสัญญาณชีพต่าง ๆของผู้ป่วยรายบุคคล ในรูปแบบของตารางและฟอร์มปรอท

Smart ER เป็นการพัฒนาระบบบริการการแพทย์ฉุกเฉินครบวงจรและระบบการส่งต่อ ในการรองรับผู้ป่วยอุบัติเหตุและผู้ป่วยฉุกเฉินที่ต้องการการรักษาที่ยุ่งยากซับซ้อนระดับเชี่ยวชาญ ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและมีราคาแพง โดยการสร้างหน่วยงานอุบัติเหตุและฉุกเฉินใหม่ให้ทันสมัยและเป็นไปตามมาตรฐานสากล

นอกจากนี้ ยังมีระบบต่าง ๆ อีกมากมายที่นำเทคโนโลยี IoT มาใช้ขึ้นอยู่กับหน้าที่และการทำงานเพื่อการติดตาม หรือการจัดเก็บข้อมูลที่มีประสิทธิภาพเพื่อสามารถนำข้อมูลต่าง ๆ ไปใช้งานเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

บทสรุป

IoT เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากด้านการแพทย์และเทคโนโลยีสุขภาพเพื่อใช้สำหรับจัดเก็บข้อมูลอำนวยความสะดวกต่อการตรวจรักษา การวางแผนทรัพยากร การจัดการทรัพยากร จนถึงการดูแลรักษาผู้ป่วยที่บ้าน ซึ่งมีข้อดีต่าง ๆ อันได้แก่ การลดเวลาในการปฏิบัติ ลดงานซ้ำซ้อนที่ใช้เวลานาน ข้อมูลผู้ป่วยมีความแม่นยำแม่นยำถูกต้อง และจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ IoT นั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดเก็บข้อมูล การเชื่อมต่อ และที่สำคัญความปลอดภัยในระบบ IoT เพื่อให้การนำเทคโนโลยี IoT

ทางด้านสุขภาพมีความแม่นยำ และมีความถูกต้อง สำหรับโรงพยาบาลที่ต้องการนำโรงพยาบาลไปสู่โรงพยาบาลอัจฉริยะ จำเป็นต้องมีความรู้ต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อให้การลงทุนประสบผลสำเร็จมากที่สุด

อ้างอิง

[1] Hossein A., Goli A., Leila S.,Reza S.,Mehrbakhsh N., Mojtaba A., (2019). The application of internet of things in healthcare: a systematic literature review and classification. Springer.

[2] Domingo, M.C.: An overview of the Internet of Things for people with disabilities. J. Netw. Comput. Appl. 35(2), 584–596 (2012).

[3] Atzori, L., Iera, A., Morabito, G.: The internet of things: a survey. Comput. Netw. 54(15), 2787–2805 (2010).

[4] Kulkarni, A., Sathe, S.: Healthcare applications of the Internet of Things: a Review. Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol. 5(5), 6229–6232 (2014).

[5] Distefano, S., Bruneo, D., Longo, F., Merlino, G., Puliafito, A.:Hospitalized patient monitoring and early treatment using IoT and cloud. BioNanoScience 7(2), 1–4 (2016).

[6] Sun, W., Cai, Z., Li, Y., Liu, F., Fang, S., & Wang, G. (2018). Security and privacy in the medical internet of things: a review. *Security and Communication Networks*, *2018*.

[7] Koren, M.J.: Person-centered care for nursing home residents: The culture-change movement. Health Aff. 29(2), 312–317 (2010).

[8] Ahil, N., Kamalanathan, A., Eardley, A., Chibelushi, C., Collins, T.: Improving the patient discharge planning process through knowledge management by using the internet of things. Adv. Internet Things 3, 16–26 (2013)

[9] Yuehong, Y., Zeng, Y., Chen, X., Fan, Y.: The internet of things in healthcare: an overview. J. Ind. Inf. Integr. 1, 3–13 (2016)

[10] Otto, C., Milenkovic, A., Sanders, C., Jovanov, E.: System architecture of a wireless body area sensor network for ubiquitous health monitoring. J. Mobile Multimed. 1(4), 307–326 (2006).

เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์และโรงพยาบาลอัจฉริยะ เทคโนโลยีสุขภาพแห่งอนาคต

AI technology and Smart Hospital, The health technology of the future

รศ. ดร.สื่อจิตต์ เพ็ชร์ประสาน* ดร.พิชญ์สินี สุวรรณแพทย์ รศ.นันทชัย ทองแป้น
วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
Email: suejit@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัญญาประดิษฐ์ คือ อัลกอริทึมคอมพิวเตอร์หรือแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถนำมาใช้ทำหน้าที่ต่าง ๆ ซึ่งโดยปกติแล้วต้องอาศัยเชาวน์ปัญญาของมนุษย์ ในปัจจุบันเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์นั้นมีบทบาทเป็นอย่างมากในหลายวงการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งวงการแพทย์และเทคโนโลยีสุขภาพ ซึ่งปัญญาประดิษฐ์นั้นถูกพัฒนาอย่างก้าวกระโดด ช่วยเหลือแพทย์ในการทำงานที่ต้องใช้เวลามาก เช่น การตรวจดูสไลด์หรือภาพถ่ายทางการแพทย์ ซึ่งปัญญาประดิษฐ์ได้พิสูจน์แล้วว่าสามารถทำได้รวดเร็วและแม่นยำกว่า อีกทั้งเสนอแนะความเห็นที่สองต่อแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ ทั้งนี้ เพื่อลดภาระของแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์เพื่อให้สามารถใช้เวลาไปกับการวางแผนรักษาและการรักษาผู้ป่วย ซึ่งต้องอาศัยทักษะชั้นสูงต่อไป ปัญญาประดิษฐ์นั้นสามารถฝึกฝนให้ทำงานได้รวดเร็วและถูกต้องแม่นยำกว่ามนุษย์ ในปัจจุบันมีการนำปัญญาประดิษฐ์ไปประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ ด้านการแพทย์ทั้งในด้านช่วยสนับสนุนบุคลากรทางการแพทย์ สนับสนุนผู้ป่วย สนับสนุนการวิจัยพัฒนา และสนับสนุนเทคโนโลยีการแพทย์ทางไกล จนมีคำกล่าวว่าปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีหุ่นยนต์จะถูกนำมาใช้แทนแพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ แต่การนำปัญญาประดิษฐ์มาประยุกต์ใช้นั้นยังมีข้อจำกัดสำคัญหลายประการซึ่งย่อมแน่นอนว่าไม่สามารถนำมาแทนแพทย์หรือบุคลากรทางการแพทย์ได้ อันได้แก่ ปัญญาประดิษฐ์นั้นถูกเรียนรู้ให้ทำหน้าที่เฉพาะอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ไม่สามารถบูรณาการณ์องค์ความรู้และตัดสินใจแบบซับซ้อนเกินกว่าที่ถูกฝึกฝนมา ปัญญาประดิษฐ์นั้นไม่มีชีวิตจิตใจไม่มีอารมณ์ความรู้สึก ดังนั้นการตัดสินใจต่าง ๆ อาจขาดความเมตตาต่อผู้ป่วย ปัญญาประดิษฐ์ทำให้เกิดความเลื่อมล้ำทางการแพทย์ที่สูงขึ้น การประยุกต์ปัญญาประดิษฐ์นั้นโรงพยาบาลจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์การแพทย์ให้รองรับระบบปัญญาประดิษฐ์ อีกทั้งโรงเรียนแพทย์ควรมีการสอน

ปัญญาประดิษฐ์ให้แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ให้เข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของปัญญาประดิษฐ์เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยี

คำสำคัญ ปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้เชิงลึก การเรียนรู้โดยเครื่อง การแพทย์อัจฉริยะ

ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligence: AI) ประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 2 องค์ประกอบ ดังนี้คือ (1) ระบบคอมพิวเตอร์ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ แบบจำลอง (Model) หรือ อัลกอริทึม (Algorithm) ซึ่งสามารถเรียนรู้จากข้อมูล (Learn from data) และ (2) สามารถนำไปใช้ในการทำงานต่าง ๆ ซึ่งโดยปกติแล้วต้องอาศัยเชาว์ปัญญาของมนุษย์ [1] เช่น การแปลภาษา การคัดแยกรูปภาพ การวินิจฉัยอาการป่วย ปัญญาประดิษฐ์นั้นสามารถแบ่งแยกย่อยได้อีกเป็น 2 สาขา คือ การเรียนรู้โดยเครื่อง (Machine learning) และการเรียนรู้เชิงลึก (Deep learning) ศาสตร์ทั้ง 2 แขนงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในศาสตร์ต่าง ๆ มากมาย เช่น การเงินการธนาคาร [2] การจัดการประมวลผลข้อมูล [3] และทางการแพทย์ [4] กล่าวได้ว่าปัญญาประดิษฐ์เป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่ท้าทายวงการต่าง ๆ มุ่งเน้นให้เกิดการปรับตัวทางเทคโนโลยี (Technological transformation) เพื่อรองรับเทคโนโลยีแห่งอนาคตนี้ [5] โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแพทย์ และเทคโนโลยีสุขภาพ

เนื่องจากการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีจากยุคอนาล็อกเป็นดิจิตอล แทนการจดบันทึกบนกระดาษและการนำโครงข่ายอินเตอร์เน็ตความเร็วสูงมาใช้ [6] ทำให้แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์บันทึกข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ ทางการแพทย์ในคอมพิวเตอร์ อีกทั้งฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์สำหรับใช้ประมวลผลและฝึกฝนโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์มีราคาถูกลง [7] และบุคลากรทางการแทพย์ต้องการนำข้อมูลดิจิตอลเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงได้เกิดการพัฒนาศาสตร์ด้านปัญญาประดิษฐ์แบบก้าวกระโดด [8] โดยมีเป้าประสงค์เพื่อ (1) ลดงานซ้ำซากและใช้เวลานานของบุคลากรทางการแพทย์ เช่น การดูสไลด์เซลล์มะเร็งของผู้ป่วย ทำให้ผู้ป่วยได้รับบริการวินิจฉัยทางการแพทย์พื้นฐานได้อย่างรวดเร็วขึ้น [9] (2) ทำให้บุคลากรทางการแพทย์มีเวลามากขึ้น สามารถนำเวลาไปมุ่งเน้นในการวางแผนการรักษาและดำเนินการรักษาผู้ป่วยที่ต้องใช้ทักษะชั้นสูงในรูปแบบบูรณาการทางการแพทย์ซึ่งในปัจจุบันยังเกินขีดความสามารถของปัญญาประดิษฐ์ [9] และ (3) จัดการทรัพยากรต่าง ๆ ในระบบสาธารณสุขได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด กล่าวคือทำให้บริการสาธารณสุขในภาพรวมรวดเร็วขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น [9]

การนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในทางการแพทย์ในปัจจุบันสามารถแบ่งแยกได้เป็น 4 สาขาย่อย โดยแบ่งประเภทจากผู้ใช้งานครอบคลุมตั้งแต่ การตรวจวินิจฉัยในโรงพยาบาล การจัดการทรัพยากรโรงพยาบาล การ

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตรวจผลต่าง ๆ รวมไปถึง การดูแลรักษาผู้ป่วยที่บ้านผ่านระบบสารสนเทศทางไกล [10]

ในปัจจุบันสาขาด้านการแพทย์ที่ปัญญาประดิษฐ์เข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมาก คือ ด้านรังสีวิทยา (Radiology) และพยาธิวิทยา (Pathology) ซึ่งมีการนำปัญญาประดิษฐ์มาช่วยในการอ่านฟิล์มและสไลด์ต่าง ๆ โดยปัญญาประดิษฐ์นั้นทำงานได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วกว่าบุคลากรทางการแพทย์ [11] จนมีคำกล่าวว่า “แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์อาจไม่จำเป็นอีกต่อไป จะมีการนำระบบหุ่นยนต์และปัญญาประดิษฐ์มาใช้แทน” [12] ซึ่งคำกล่าวนี้เป็นจริงได้ยากเนื่องจากปัจจัยหลายด้าน ดังนี้

ปัญญาประดิษฐ์นั้นถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานแบบจำเฉพาะเจาะจง (Specific task) [13] เช่น โปรแกรมปัญญาประดิษฐ์สำหรับอ่านฟิล์มเอกซเรย์ทรวงอก ไม่สามารถนำไปอ่านหรือวินิจฉัยอย่างอื่นได้ ไม่สามารถทำงานแบบบูรณาการใช้ความคิดร่วมกัน ซึ่งย่อมแน่นอนว่าไม่ยังไม่สามารถนำมาใช้แทนบุคลากรทางการแพทย์ทำงานร่วมกัน ปัญญาประดิษฐ์จึงเป็นแค่ผู้ช่วย เพื่อลดระยะเวลาในการทำงานที่ซ้ำซาก ผู้ป่วยได้รับการตรวจวินิจฉัยที่เร็วขึ้น อีกทั้งบุคลากรทางการแพทย์มีเวลามากขึ้นในงานด้านที่ต้องใช้ทักษะชั้นสูงเกินกว่าที่ปัญญาประดิษฐ์จะทำได้

ปัญญาประดิษฐ์นั้นขาดความเห็นอกเห็นใจ (Empathy) แม้ว่าจะมีการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ให้รู้จักความเห็นอกเห็นใจแต่ยังเป็นศาสตร์ที่ใหม่และอยู่ในขั้นตอนการพัฒนา [14] ซึ่งการดูแลรักษาสุขภาพนั้นโดยพื้นฐานของศาสตร์นี้เกิดจากการเห็นอกเห็นใจเพื่อนมนุษย์ แต่ปัญญาประดิษฐ์นั้นตัดสินใจจากข้อมูลเพียงอย่างเดียวโดยมุ่งเน้นให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การวางแผนการรักษาอาจแตกต่างจากบุคลากรทางการแพทย์ที่มีความเห็นอกเห็นใจเป็นอย่างมาก

ปัญญาประดิษฐ์นั้นควรเป็นแค่ความเห็นที่สอง (Second opinion) ที่ไม่มีอำนาจตัดสินใจใด ๆ [15] เนื่องจากปัญญาประดิษฐ์จะขาดการทำงานแบบบูรณาการและขาดความเห็นอกเห็นใจดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ปัญญาประดิษฐ์จึงควรเป็นแค่อุปกรณ์ (Tool) แสดงรูปถ่ายทางการแพทย์หรือเน้นค่าที่บุคลากรทางการแพทย์ควรวิเคราะห์ วินิจฉัยในเบื้องต้นให้แพทย์ประกอบเป็นแนวทาง แต่การวินิจฉัยดังกล่าวควรเป็นแค่ความคิดเห็นที่สองและไม่ทำให้แพทย์ที่ทำการรักษาไขว้เขวในการวินิจฉัยและการวางแผนการรักษา

ในปัจจุบันได้มีการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในด้านการแพทย์และสาธารณสุขมากขึ้นโดยเฉพาะในประเทศที่มีกฎหมายรองรับชัดเจน [10] เช่น สหรัฐอเมริกา ส่วนประเทศไทยเองก็กำลังพัฒนาไปอย่างรวดเร็วโดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกำลังเร่งออกกฎหมายและข้อบังคับต่าง ๆ เกี่ยวกับการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้ในทาง

การแพทย์ แต่หากไม่ควบคุมปัญญาประดิษฐ์ให้อยู่ภายใต้กฎหมายที่เข้มงวด ในอนาคตอาจมีปัญหา เช่น ภาพถ่ายทางการแพทย์ปลอม (Fake medical image) ข้อมูลทางการแพทย์ปลอมจากปัญญาประดิษฐ์ [16]

ปัจจัยสำคัญอีกอย่างหนึ่งที่มองข้ามไม่ได้ คือ การประยุกต์ใช้ปัญญาประดิษฐ์รวมเข้ากับขั้นตอนการทำงาน (Workflow incorporation) ของระบบสารสนเทศที่มีอยู่ [17] ปัญญาประดิษฐ์นั้นนิยมใช้การประมวลผลด้วยตัวประมวลผลภาพ (Graphic processing unit: GPU) ซึ่งย่อมแน่นอนว่าโรงพยาบาลต่าง ๆ จะต้องปรับเปลี่ยนระบบโครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ด้านสารสนเทศคอมพิวเตอร์ร่วมกับการสั่งซื้ออุปกรณ์การแพทย์ใหม่ที่มีการนำระบบปัญญาประดิษฐ์มาใช้ซึ่งย่อมต้องใช้งบประมาณมากซึ่งอาจนำไปสู่ปัญหาความเหลื่อมล้ำทางด้านเทคโนโลยีทางการแพทย์ อีกทั้งต้องทำการฝึกฝนบุคลากรให้มีความรู้ความสามารถในการใช้งานโปรแกรมปัญญาประดิษฐ์

โรงเรียนแพทย์แห่งอนาคต เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีโรงเรียนแพทย์ต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเริ่มให้ความสนใจในการสอนพื้นฐานปัญญาประดิษฐ์แก่บุคลากรทางการแพทย์ เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์เข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานและข้อจำกัดต่าง ๆ ของระบบปัญญาประดิษฐ์

ในอนาคตบุคลากรทางการแพทย์และวิศวกรชีวการแพทย์ด้านปัญญาประดิษฐ์จะทำงานร่วมกันและมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ให้มีความถูกต้องแม่นยำและใช้งานในหลากหลายมิติมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อตัวผู้ป่วย ลดภาระงานของแพทย์ และการใช้ทรัพยากรทางการแพทย์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

บทสรุป

ปัญญาประดิษฐ์นั้นจะเข้ามามีบทบาทเป็นอย่างมากด้านการแพทย์และเทคโนโลยีสุขภาพครอบคลุมในทุกมิติตั้งแต่การดูแลรักษาผู้ป่วยที่โรงพยาบาล การวินิจฉัย การตรวจรักษา การวางแผนทรัพยากร การจัดการทรัพยากร การวิจัยพัฒนา ไปจนถึงการดูแลรักษาผู้ป่วยที่บ้าน ซึ่งมีข้อดีต่าง ๆ อันได้แก่ การลดเวลาในการตรวจวินิจฉัย ลดงานซ้ำซากที่ใช้เวลานาน ผู้ป่วยได้รับการตรวจวินิจฉัยที่เร็วขึ้นแม่นยำถูกต้อง และจัดการทรัพยากรต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่ปัญญาประดิษฐ์เองนั้นก็มีข้อจำกัดกล่าว คือ ปัญญาประดิษฐ์นั้นทำงานในลักษณะเฉพาะอย่างตามที่ถูกฝึกฝนมาไม่สามารถมีความคิดในเชิงบูรณาการ ซึ่งการตัดสินใจอาจไม่ครอบคลุม ปัญญาประดิษฐ์นั้นจึงควรถูกนำมาใช้เป็นความเห็นที่สองสำหรับบุคลากรทางการแพทย์เท่านั้น ในการนำปัญญาประดิษฐ์มาใช้จริงโรงพยาบาลต่าง ๆ จำเป็นต้องปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานและอุปกรณ์การแพทย์ให้รองรับระบบปัญญาประดิษฐ์ และทำการฝึกฝนบุคลากรให้สามารถทำงานได้กับระบบปัญญาประดิษฐ์เพื่อ

รองรับการเปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยีโรงเรียนแพทย์เริ่มให้ความสนใจในการสอนปัญญาประดิษฐ์ให้บุคลากรทางการแพทย์ และทำงานใกล้ชิดร่วมกับวิศวกรชีวการแพทย์ด้านปัญญาประดิษฐ์ในการพัฒนาปัญญาประดิษฐ์ให้มีความหลากหลายและแม่นยำมากขึ้น

อ้างอิง

[1] Mitchell, R., Michalski, J., & Carbonell, T. (2013). *An artificial intelligence approach*. Berlin: Springer.

[2] Rönnqvist, S., & Sarlin, P. (2017). Bank distress in the news: Describing events through deep learning. *Neurocomputing*, *264*, 57-70.

[3] Mahdavinejad, M. S., Rezvan, M., Barekatain, M., Adibi, P., Barnaghi, P., & Sheth, A. P. (2018). Machine learning for Internet of Things data analysis: A survey. *Digital Communications and Networks*, *4*(3), 161-175.

[4] Miller, D. D., & Brown, E. W. (2018). Artificial intelligence in medical practice: the question to the answer?. *The American journal of medicine*, *131*(2), 129-133.

[5] Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Ismagilova, E., Aarts, G., Coombs, C., Crick, T., ... & Williams, M. D. (2019). Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 101994.

[6] Sun, W., Cai, Z., Li, Y., Liu, F., Fang, S., & Wang, G. (2018). Security and privacy in the medical internet of things: a review. *Security and Communication Networks*, *2018*.

[7] Lee, K., & Son, M. (2017, June). DeepSpotCloud: leveraging cross-region GPU spot instances for deep learning. In *2017 IEEE 10th International Conference on Cloud Computing (CLOUD)* (pp. 98-105). IEEE.

[8] Han, E. R., Yeo, S., Kim, M. J., Lee, Y. H., Park, K. H., & Roh, H. (2019). Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review. *BMC medical education*, *19*(1), 1-15.

[9] Xing, L., Giger, M. L., & Min, J. K. (Eds.). (2020). *Artificial Intelligence in Medicine: Technical Basis and Clinical Applications*. Academic Press.

[10] Price, I. I., & Nicholson, W. (2017). Artificial intelligence in health care: applications and legal issues.

[11] Jha, S., & Topol, E. J. (2016). Adapting to artificial intelligence: radiologists and pathologists as information specialists. *Jama*, *316*(22), 2353-2354.

[12] Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future healthcare journal*, *6*(2), 94.

[13] Hashimoto, D. A., Witkowski, E., Gao, L., Meireles, O., & Rosman, G. (2020). Artificial intelligence in anesthe-siology: current techniques, clinical applications, and limitations. *Anesthesiology*, *132*(2), 379-394.

[14] Banerjee, A. (2020). Empathy in the time of artificial intelligence: Fiction not fact may hold the key. *Medical Journal of Dr. DY Patil Vidyapeeth*, *13*(2), 97.

[15] Kompa, B., Snoek, J., & Beam, A. L. (2021). Second opinion needed: communicating uncertainty in medical machine learning. *NPJ Digital Medicine*, *4*(1), 1-6.

[16] Samuel, H., & Zaïane, O. (2018, May). MedFact: t2owards improving veracity of medical information in social media using applied machine learning. In *Canadian Conference on Artificial Intelligence* (pp. 108-120). Springer, Cham.

[17] Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future healthcare journal*, *6*(2), 94.

Applications of AI in Medical Image Processing

Jamie A. O'Reilly,
College of Biomedical Engineering, Rangsit University

Introduction

There is a tremendous amount of excitement and expectation surrounding the potential impact of artificial intelligence (AI) during this period of the 21st century and beyond. It is anticipated that these technologies will revolutionize all aspects of our lives. The healthcare industry is well positioned to take advantage of AI. With large aging populations across most of the countries in the world, greater demands are being placed on healthcare services. It is hoped that AI technologies can be implemented in a reliable way to help manage these increasing requirements.

By supporting instead of replacing human staff, AI will ease the workload by accelerating mundane tasks such as screening medical images and performing routine data analysis. These kinds of activities are much better suited for computers to carry out rather than expert humans, who can concentrate their efforts on more pressing duties concerning patient care. Computers operate over much shorter timescales than humans, and can run continuously for extended periods without suffering from fatigue, making them ideal for performing image and data analysis that would otherwise require a human to complete.

Talk Overview

This short talk will focus on some of the popular applications of AI in medical image processing. Outstanding advances have taken place in this field over the past decade that are now been converted into new software products and applications.

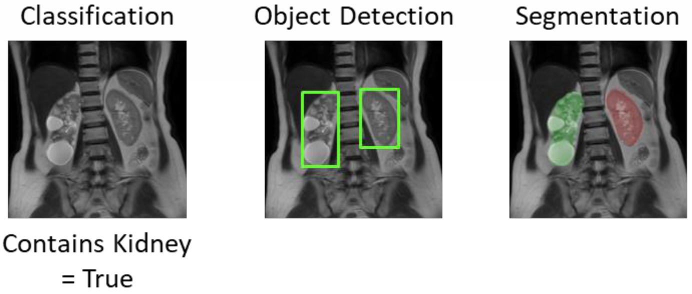


Figure 1 Computer vision applications for AI in medical image processing

Classification

Image classification is the task of categorizing an image based on its contents. For example, deciding whether a chest x-ray exhibits the hallmarks of pneumonia is a typical medical image classification problem. The current state-of-the-art methods for image classification generally consist of convolutional neural networks.

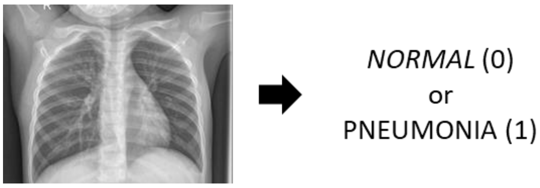


Figure 2 Chest x-ray classification example

Object Detection

Detection of objects within images is essential for emerging technologies such as autonomous vehicles, but also has important applications in medical image analysis. These methods localize objects within an image using a bounding-box, and can be applied to identify abnormalities in mammography images. One of the most popular and effective methods for object detection is called YOLO (You-Only-Look-Once).

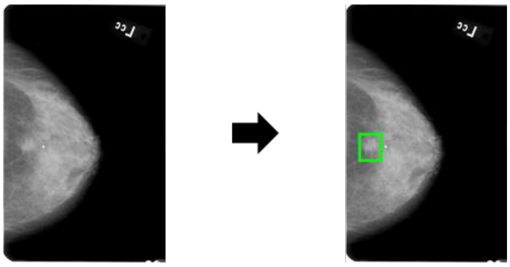


Figure 3 Mammogram screening example

Segmentation

Image segmentation can be thought of like pixel-wise classification. Each pixel is labelled according to the object that it belongs to. For example, in CT images we can segment non-kidney, kidney, and kidney-tumor pixels as illustrated in Figure 4. Today this can be achieved using fully-convolutional network models such as the U-net.

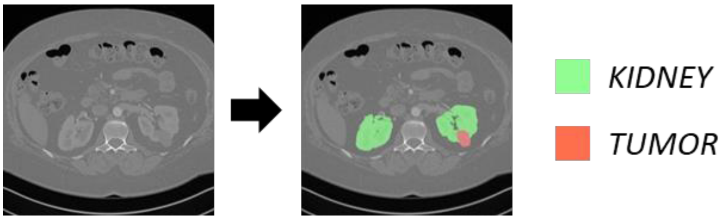


Figure 4 Kidney and kidney tumor segmentation example

Other Applications

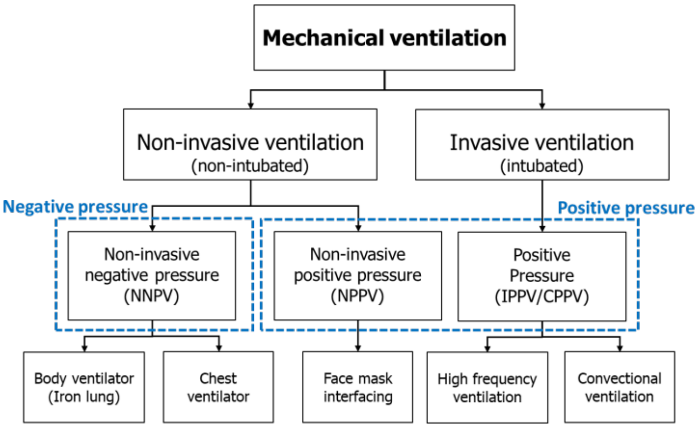
Additional applications of AI in medical image processing will also be discussed, including image reconstruction, de-noising, and super-resolution.

Smart Ventilator

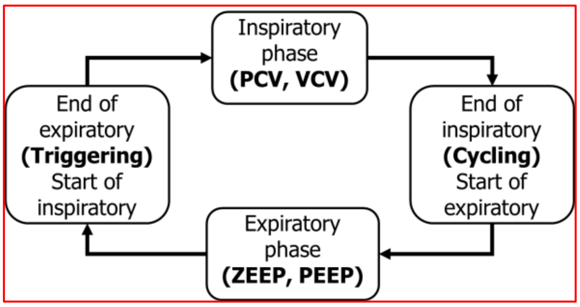
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทร สรรพานิช
ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์
สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล

เครื่องช่วยหายใจเป็นเครื่องมือหลักที่สำคัญที่ใช้ในการดูแลรักษาผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ หรือที่มีการหายใจเองตามธรรมชาติที่ไม่พอเพียงที่จะรักษาระดับความดันย่อยของก๊าซในเลือดแดงทั้งออกซิเจน (PaO_2) และคาร์บอนไดออกไซด์ ($PaCO_2$) ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อชีวิต ผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับระบบการไหลเวียนโลหิตหรือความผิดปกติของระบบประสาท ตลอดจนผู้ป่วยภายหลังการผ่าตัดหัวใจ-ทรวงอกหรืออุบัติเหตุ โดยมีการใช้งานเครื่องทั้งที่อยู่ในหออภิบาลผู้ป่วยหนักเป็นส่วนใหญ่และบางส่วนอยู่นอกที่หอผู้ป่วยทั่วไป เครื่องช่วยหายใจจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนก๊าซที่มีการปรับค่าความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนให้มีความเหมาะสมเข้าไปในระบบทางเดินหายใจของผู้ป่วยด้วยการควบคุมปริมาตร ความดัน อัตราการไหลและช่วงเวลาที่เหมาะสมกับพยาธิสภาพของผู้ป่วย เพื่อทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนก๊าซออกซิเจนและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างอากาศภายในถุงลมกับก๊าซที่อยู่ในหลอดเลือดฝอยที่ห่อหุ้มถุงลมอยู่ในช่วงของการหายใจเข้า และระบายก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ออกมาจากปอดในช่วงของการหายใจออกและเริ่มต้นรอบการหายใจเข้าใหม่ การทำงานของเครื่องช่วยหายใจจึงมีการทำงานเป็นวงรอบที่ต่อเนื่องกันของการขับเคลื่อนอากาศให้เข้าและออกจากปอด ซึ่งเราสามารถทำให้เกิดขึ้นได้ทั้งการใช้ความดันอากาศที่เป็นบวกและเป็นลบมาเพื่อทำให้เกิดการขับเคลื่อนอากาศดังกล่าว โดยทั่วไปเมื่อเราพิจารณาการหายใจที่ต้องใช้เครื่องช่วยหายใจ (mechanical ventilation) นั้น แล้วเราสามารถจัดแบ่งกลุ่มเครื่องช่วยหายใจโดยพิจารณาให้มีความสัมพันธุ์กับการใส่ท่อช่วยหายใจ ความดันหลักที่ใช้ การต่อเครื่องกับผู้ป่วยและการอัตราการทำงานของเครื่องได้ตามรูปที่ 1 โดยที่เครื่องช่วยหายใจทั้งหมดตามรูปนี้ก็จะมีการจังหวะการทำงานของเครื่องที่สอดคล้องตรงกันกับวงรอบการหายใจของผู้ป่วย คือ ต้องมีระยะของการเริ่มต้นการหายใจเข้า ระยะช่วงเวลาของการหายใจเข้า ระยะของการสิ้นสุดการหายใจเข้าเพื่อเปลี่ยนรอบเป็นการหายใจออก ระยะช่วงเวลาของการหายใจออก และระยะของการสิ้นสุดการหายใจออกเพื่อเปลี่ยนรอบเป็นการหายใจเข้ารอบใหม่ ดังรูปที่ 2 โดยที่เราสามารถอาศัยหลักของการวนรอบการทำงานของเครื่องในลักษณะดังกล่าวมาใช้เพื่ออธิบายการทำงานของเครื่องช่วยหายใจ การควบคุมการทำงาน การตรวจวัดค่า และการเปลี่ยนแปลงของค่าตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละช่วงของการหายใจทั้งที่เกิดขึ้นจากการทำงาน

ของเครื่องเองหรือเกิดขึ้นจากผู้ป่วยในทุก ๆ รูปแบบการช่วยหายใจได้เสมอ โดยในแต่ละระยะเวลาก็สามารถพิจารณาลงไปถึงรายละเอียดที่อาจจะมีเพิ่มเติมขึ้นอีกเช่น วิธีการ triggering หรือ cycling ในการเปลี่ยนรอบการหายใจ การเกิด P_{pla} ระหว่างระยะของการหายใจเข้าและออก หรือการรักษาระดับแรงดันขณะการหายใจออก

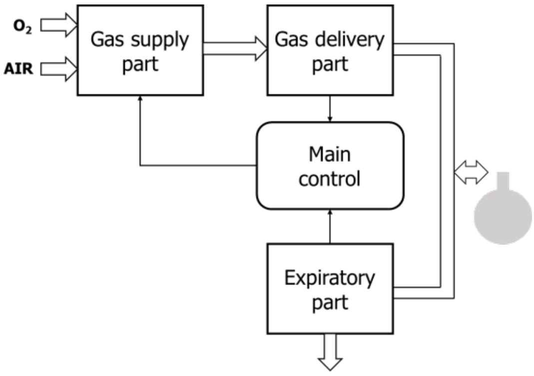


รูปที่ 1 การจัดกลุ่มเครื่องช่วยหายใจ



รูปที่ 2 วงรอบการทำงานของเครื่องช่วยหายใจ

ในส่วนของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่อยู่ภายในเครื่องช่วยหายใจนั้น เราสามารถจัดส่วนประกอบหลักออกได้เป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่มหลัก ตามรูปที่ 3 คือ



รูปที่ 3 ส่วนประกอบหลักของเครื่องช่วยหายใจ

ส่วนแรก คือ ส่วนของการจ่ายก๊าซ (gas supply part) ส่วนนี้จะทำหน้าที่เสมือนเป็นแหล่งจ่ายก๊าซให้กับส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ประกอบด้วยตัวกรองก๊าซและตัวดักน้ำที่เข้ามา (water trap/gas filter) สวิตซ์ตรวจจับความดัน (pressure switch) ตัวลดและรักษาระดับแรงดัน (pressure regulator) และตัวผสมปรับความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจน (O_2 mixer) ในส่วนนี้อาจจะรวมไปถึงตัวสร้างอากาศอัด (air compressor) ทั้งที่อยู่ภายในและภายนอกด้วย

ส่วนที่สอง คือ ส่วนของการควบคุมการส่งอากาศ (gas delivery part) ทำหน้าที่ควบคุมปริมาตรอากาศ, อัตราการไหล, ระยะเวลาในการหายใจเข้า-ออก และความดันในทางเดินอากาศ ตลอดจนลักษณะของรูปคลื่นการไหลของอากาศที่เครื่องปล่อยออกมาในช่วงของการหายใจเข้า อุปกรณ์หลักในส่วนนี้ได้แก่วาล์วควบคุมการหายใจเข้าและวาล์วเพื่อความปลอดภัย (safety valve)

ส่วนที่สาม คือ ส่วนของการจัดการก๊าซหายใจออก (expiratory gas part) จะประกอบด้วยวาล์วควบคุมการหายใจออกที่จะปิดในช่วงของการหายใจเข้าและเปิดในช่วงการหายใจออก โดยสามารถสร้างและรักษาระดับแรงดันตอนสิ้นสุดการหายใจออกได้

ส่วนที่สี่ คือ ส่วนควบคุมหลัก (main control system) จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของระบบและอุปกรณ์หลักทั้งหมดภายในเครื่องช่วยหายใจตั้งแต่การปรับตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมเครื่อง การควบคุมการทำงานของระบบส่งก๊าซและระบบการทำงานของวาล์วหายใจเข้า-ออก การตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรการหายใจที่เกิดขึ้น ทำการประมวลผลตลอดจนการแสดงผล และการควบคุมภาวะการเตือนต่าง ๆ ระบบนี้อาจจะอาศัยการทำงานร่วมกันของระบบนิวเมติกและอิเล็กทรอนิกส์ในการควบคุมเครื่อง

ส่วนประกอบหลักทั้ง 4 ส่วนนี้จะทำงานสัมพันธ์กันภายใต้การควบคุมของส่วนควบคุมหลัก อย่างไรก็ตาม ในเครื่องช่วยหายใจสมัยใหม่ที่มีการควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์นั้น อาจจะมีส่วนประกอบอื่นเพิ่มเติมนอกเหนือจากส่วนประกอบหลักนี้อีกทั้งนี้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมการช่วยหายใจให้มีมากขึ้น ทั้งในด้านความซับซ้อนของรูปแบบการหายใจ ความสามารถและความละเอียด แม่นยำในการควบคุมและตรวจวัดตัวแปรในการหายใจ ความสามารถในการแสดงผลและเตือน ตลอดจนกระทั่งความปลอดภัยในการใช้งานที่มีมากขึ้น

และเมื่อเราพิจารณาถึงอุปกรณ์ส่วนประกอบที่มีในเครื่องช่วยหายใจตั้งแต่ที่เริ่มมีการออกแบบใช้งานกันมานั้น เราอาจจะแบ่งยุคของเครื่องช่วยหายใจออกได้เป็น 4 ยุค

โดยเครื่องช่วยหายใจในยุคแรกจะอาศัยการทำงานของระบบเครื่องกล ระบบนิวเมติกหรือระบบไฟฟ้าเป็นหลักในการควบคุมการทำงาน มักมี bellow เป็นส่วนกักเก็บและขับเคลื่อนก๊าซ มีรูปแบบหรือโหมด

การทำงานของการช่วยหายใจในเป็นแบบพื้นฐานที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนเช่นโหมด control, assist/control มีการใช้งานฟังก์ชั่น PEEP เช่น เครื่อง bennett MA-1, bird mark 14

ส่วนเครื่องในยุคที่สอง ก็มีการเปลี่ยนเป็นระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาใช้ควบคุมการทำงานมากขึ้น เริ่มมีการใช้ตัวเซนเซอร์เพื่อตรวจวัดสัญญานจากผู้ป่วยมาใช้ช่วยในการควบคุมการทำงานของเครื่อง มีโหมดการทำงานที่มากขึ้นกว่า เช่น SIMV

ส่วนเครื่องช่วยหายในในยุคที่สาม ก็จะเป็นยุคที่มีการใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการทำงาน มีการใช้งานของตรวจวัดอัตราการไหลและความดันที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นกว่าเดิม มีการทำงานของเครื่องที่สอดคล้องการหายใจเองของผู้ป่วยมากขึ้น มีการฟังก์ชั่นในการช่วยหายใจที่ซับซ้อนขึ้น เช่น pressure support เช่น เครื่อง PB7200

เครื่องช่วยหายใจในยุคที่ 4 เป็นยุคที่เครื่องเพิ่มความสามารถในการช่วยหายใจที่แตกต่างไปจากเครื่องในยุคก่อนมาก ทั้งในแง่ของการทำงานของวาล์วที่ใช้ในการควบคุมความดันและการไหลของอากาศในตลอดช่วงของการหายใจเข้าและออก และการทำงานของโหมดการช่วยหายใจที่เน้นความสอดคล้องและการสนองตอบต่อการหายใจเองของผู้ป่วยเป็นอย่างมาก มีการวัด วิเคราะห์และแสดงค่าตัวแปรในการช่วยหายใจที่ซับซ้อนมากขึ้นในรูปแบบของกราฟิก มีตัวเลือกเพิ่มเติม (options) ที่หลากหลายและเหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละประเภทมากขึ้น ได้แก่ เครื่องช่วยหายใจที่มีการใช้งานกันอยู่เป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบัน ในที่นี้จึงจะขอยกตัวอย่างคุณสมบัติของเครื่องช่วยหายใจที่มีการใช้งานกันในปัจจุบันทั้งในด้านของส่วนประกอบและการทำงานของการช่วยหายใจดังนี้

1. คุณสมบัติของเครื่องช่วยหายใจในยุคปัจจุบัน

จากการที่เครื่องช่วยหายใจในปัจจุบันมีการใช้คอมพิวเตอร์มาควบคุมการทำงานร่วมกับการออกแบบซอฟต์แวร์และวาล์วที่มีความซับซ้อนในการทำงาน ทำให้เครื่องช่วยหายใจในปัจจุบันมีคุณสมบัติต่าง ๆ และความสามารถด้านวิศวกรรมที่พึงจะกล่าวถึง ดังนี้

1.1 มีความหลากหลายและยืดหยุนของรูปแบบการจ่ายอากาศไปยังผู้ป่วยมากขึ้น สามารถใช้ช่วยหายใจได้กับผู้ป่วยตั้งแต่ทารก เด็กเล็ก เด็กโต และผู้ใหญ่ มีย่านของการปรับตั้งตัวแปรในการช่วยหายใจที่กว้างและมีความละเอียดแม่นยำที่สอดคล้องกับขนาดและประเภทของผู้ป่วย มีการเลือกใช้งานโหมดการช่วยหายใจที่เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละประเภทและกลุ่มอาการ ทั้งรูปแบบการช่วยหายใจในแบบที่มีการใช้ท่อช่วยหายใจและแบบที่ใช้หน้ากาก (face mark) ต่อกับตัวผู้ป่วย

1.2 มีความสามารถในการตรวจวัด ประเมินค่าตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมการหายใจมากขึ้น ด้วยการอาศัยการทำงานของเซนเซอร์สำหรับตรวจวัดความดันและวัดอัตราการไหลของอากาศที่มีความไวและความแม่นยำสูง ทำให้สามารถติดตามตรวจวัดตัวแปรต่าง ๆ ในรูปแบบของความดัน อัตราและทิศทางการไหลของอากาศได้อย่างถูกต้องและต่อเนื่องและแสดงค่าที่เป็นเวลาจริง (real time) ตลอดช่วงการหายใจด้วยการวัดทั้งที่เกิดจากการทำงานของเครื่องหรือจากผู้ป่วยเอง รวมทั้งมีการวัดและสามารถประเมินการทำงานของปอด (pulmonary assessment) ในลักษณะต่าง ๆ ได้อีกนอกจากนี้ยังมีการออกแบบให้สามารถเพิ่มเติมการนำสัญญานจากเซนเซอร์ประเภทอื่น ๆ สัญญาณปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากตัวตรวจวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในวงจรหายใจ (CO_2 monitor) หรือค่าปริมาณร้อยละความอิ่มตัวของออกซิเจนในเลือดที่ได้มาจากเครื่องพัลส์ออกซิมิเตอร์ (pulse oximeter) มาใช้ช่วยในการแสดงผลการหายใจอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการเตือนความผิดปกติต่าง ๆ ผ่านระบบการเตือนแบบอัจฉริยะที่บอกถึงระดับความผิดปกติ สาเหตุและการแก้ไขอีกด้วย

1.3 มีอุปกรณ์ประกอบสำคัญ เช่น วาล์วควบคุมการหายใจเข้า และวาล์วควบคุมการหายใจออกที่ออกแบบทั้งโมดูลมาเป็นพิเศษให้มีความไว และความสามารถในการตอบสนองต่อการใช้งานในหลากหลายรูปแบบของการช่วยหายใจ และมีความทนทานต่อการใช้งานหนักต่อเนื่องกันเป็นเวลานาน ๆ โดยเฉพาะโมดูลของวาล์วหายใจออกในส่วนที่ต้องสัมผัสกับอากาศที่ระบายออกมาจากผู้ป่วยก็จะออกแบบมาให้สามารถทำความสะอาดให้ปราศจากเชื้อได้ง่าย

1.4 มีความสามารถในการตอบสนองต่อการหายใจตามธรรมชาติเองของผู้ป่วย โดยเน้นการทำงานที่สอดคล้องกันระหว่างเครื่องช่วยหายใจกับการหายใจเองของผู้ป่วยในทุก ๆ ช่วงการหายใจทั้งการหายใจเข้า-ออก หรือการสิ้นสุดการหายใจ เพื่อลดการไม่ประสานกันของการหายใจให้มากที่สุด พยายามที่จะเสริมการหายใจของผู้ป่วยเองนี้ให้มากขึ้นทำให้ผู้ป่วยรู้สึกหายใจได้สะดวกส่งผลให้การหย่าเครื่องทำได้ง่ายขึ้น มีฟังก์ชั่นเสริมช่วยการให้การหายใจทำได้สะดวกมากขึ้นทั้งชดเชยความต้านทานของท่อช่วยหายใจหรือชดเชยการรั่วของอากาศ

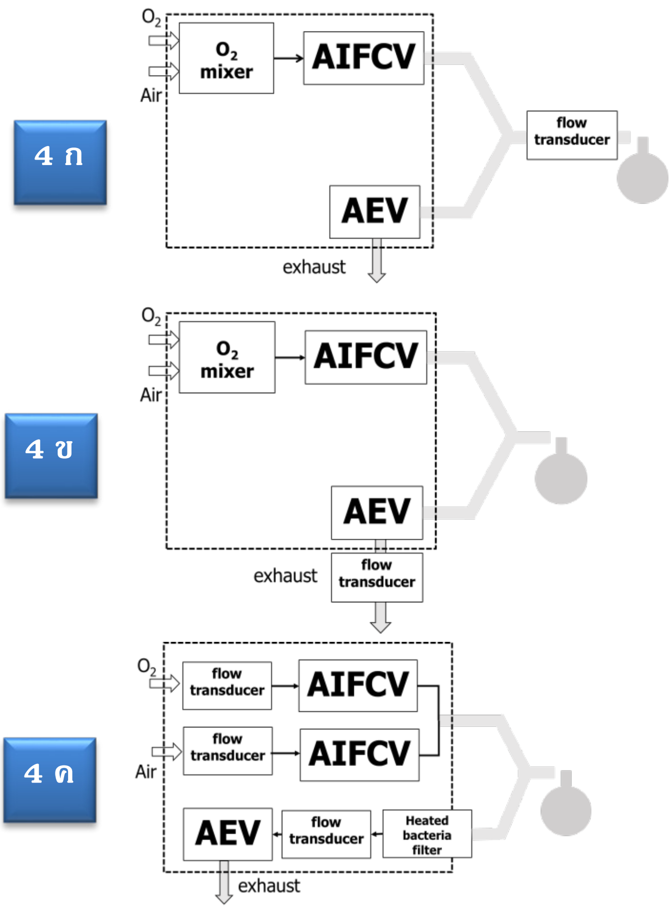
1.5 มีการใช้ประโยชน์จากความก้าวหน้าทางของระบบที่มีการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์มาเสริมการทำงานของเครื่อง เช่น มีการออกแบบหน้าจอการแสดงผลด้วยระบบหลายหน้าจอ เป็นมิตรกับผู้ใช้และระบบสัมผัสในการปรับตั้ง ที่สามารถปรับเลือกการแสดงได้ตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน มีระบบตรวจสอบตัวเองที่ใช้บอกถึงความผิดปกติของอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนและขณะทำงาน และมีการใช้การป้อนกลับของสัญญานต่าง ๆ จากเซนเซอร์มาใช้ในการควบคุมเครื่องให้เกิดความแม่นยำและตอบสนองได้ดีขึ้น

1.6 ง่ายต่อการดูแลบำรุงรักษาและการปรับเพิ่มความสามารถ เนื่องจากเครื่องช่วยหายใจสมัยใหม่มักจะถูกออกแบบมาให้อาศัยการทำงานจากโมดูลของวาล์วหายใจเข้าและวาล์วหายใจออกเป็นหลักรวมกับ

ตัวเซนเซอร์ มีส่วนกลไกในการเคลื่อนไหวน้อยลงจนกระทั่งสามารถทำงานได้โดยการใช้กำลังไฟจากแบตเตอรี่สำรอง รวมทั้งการทำงานของระบบสำรองในกรณีที่ระบบจ่ายก๊าซหลักตามปกติไม่ทำงาน ดังนั้น การดูแลหรือซ่อมบำรุงรักษาก็จะเน้นไปที่อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จากสองโมดูลนี้เท่านั้นทำให้ทำได้ง่าย สะดวกและรวดเร็ว การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานหรือความสามารถของระบบก็จะกระทำได้สะดวกทั้งการปรับเพิ่มความสามารถ (upgrade) หรือการเพิ่มเติมซอฟต์แวร์เสริม (option) เข้ามาในระบบเดิม โดยไม่ต้องมีการเพิ่มเติมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ใด ๆ เข้ามาในระบบอีก

2. การพัฒนาการของส่วนประกอบสำคัญ

ในด้านส่วนประกอบหลักที่มีในเครื่องช่วยหายใจในปัจจุบันนั้น เรายังคงสามารถจัดกลุ่มของอุปกรณ์หลักที่มีการทำงานที่สัมพันธ์กันได้ตามรูปที่ 4 โดยเราสามารถยกตัวอย่างการออกแบบแพลตฟอร์มเครื่องช่วยหายใจมาพอสังเขปได้ตามรูปที่ 4 ดังนี้



รูปที่ 4 แพลตฟอร์มของการออกแบบเครื่องช่วยหายใจในปัจจุบัน

ในรูป 4 ก เป็นเครื่องช่วยหายใจที่มีแพลตฟอร์มของระบบนิวเมติกหลักภายในแบบที่ประกอบด้วยตัวผสมก๊าซออกซิเจน วาล์วที่ใช้ควบคุมการไหลของอากาศหายใจเข้า และวาล์วควบคุมการไหลของอากาศที่ออกมาจากผู้ป่วย โดยมีการตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าและไหลออกมาจากตัวผู้ป่วยในลักษณะที่ใกล้กับตัวผู้ป่วย (Proximal flow) เช่น เครื่องช่วยหายใจ Hamilton เครื่องช่วยหายใจ inspiration

ในรูปที่ 4 ข จะเป็นแบบที่คล้ายกับแบบแรกโดยจะมีการตรวจวัดอัตราการไหลที่ปลายด้านออกแทนที่เน้นการวัดอากาศที่ไหลออกมาจากตัวผู้ป่วยเป็นหลัก (exhaled flow) หลังวาล์วด้านออกขณะมีการระบายทิ้ง เช่น เครื่องช่วยหายใจ vela เครื่องช่วยหายใจ servo savina

ส่วนในรูปที่ 4 ค จะออกแบบส่วนของแหล่งจ่ายก๊าซให้มีลักษณะเป็น parallel flow control ที่ประกอบด้วยตัววัดอัตราการไหลและวาล์วควบคุมการไหลสำหรับก๊าซออกซิเจนและอากาศอัดแยกกัน โดยวาล์วทั้งสองนี้จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมความเข้มข้นของก๊าซออกซิเจนและตัวควบคุมอัตราการไหลหลักของอากาศที่จะจ่ายให้กับผู้ป่วยในช่วงของการหายใจเข้าด้วย ส่วนอากาศที่ไหลออกมาจากผู้ป่วยในช่วงการหายใจออกจะถูกตรวจวัดในขณะที่วาล์วหายใจออกเปิดตัวออก เช่น เครื่องช่วยหายใจ Bennnett 7200-840-980 แม้ว่าเครื่องช่วยหายใจที่ยกตัวอย่างมานี้จะมีแพลตฟอร์มของระบบนิวเมติกหลักที่แตกต่างกันไปบ้าง ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับแนวคิดในการออกแบบของบริษัทผู้ผลิต อย่างไรก็ตาม การทำงานที่จะต้องประสานสอดคล้องกันระหว่างระบบนิวเมติกกับระบบควบคุมหลักถึงจะเป็นตัวบ่งบอกถึงประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องช่วยหายใจเป็นสำคัญ เครื่องช่วยหายใจนอกจากจะมีแพลตฟอร์มของการออกแบบที่แตกต่างกันไปดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีอุปกรณ์หลักที่มีความสำคัญและสมควรจะกล่าวถึงบางอย่าง ดังนี้

2.1 วาล์วควบคุมการไหลของอากาศในช่วงการหายใจเข้า (automatic inspiratory flow control valve-AIFCV)

เป็นอุปกรณ์หลักที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่จะส่งเข้าไปยังผู้ป่วยในช่วงการหายใจเข้า วาล์วนี้จะควบคุมอัตราการไหลตามที่ได้รับสัญญาณมาจากคอมพิวเตอร์ โดยสามารถเปลี่ยนแปลงค่าอัตราการไหลในระหว่างการหายใจเข้าได้ทำให้เครื่องมีการควบคุมอัตราการไหล, ปริมาตรอากาศและรูปคลื่นการไหลได้อย่างสมบูรณ์แบบและถูกต้องตามโหมดการช่วยหายใจที่เลือกทั้งแบบที่เป็นอัตราการไหลคงที่หรืออัตราการไหลลดลง ส่วนใหญ่แล้วจะออกแบบเป็นโมดูลโดยอาศัยการทำงานของการทำงานของ proportional solenoid valve (PSOL), servo-control valve, stepping motor flow control valve ตามการออกแบบของแต่ละบริษัทเพื่อให้ในการปรับแปลงอัตราการไหล หรือสามารถใช้เป็นทั้งตัว O_2 mixer ได้ด้วยตามรูปที่ 4 ค

2.2 วาล์วควบคุมการไหลของอากาศในช่วงการหายใจออก (active exhalation valve)

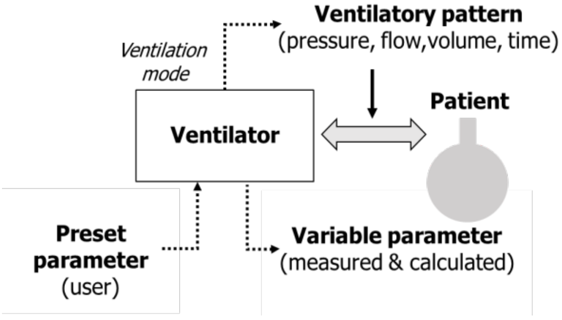
เป็นวาล์วหายใจออกที่นอกจากจะสร้างและควบคุมระดับแรงดัน PEEP/CPAP ทั่ว ๆ ไปแล้ว ยังมี การออกแบบให้สามารถตอบสนองต่อการหายใจเองของผู้ป่วยได้ตลอดแม้กระทั่งเกิดขึ้นในช่วงของการหายใจเข้า ตัววาล์วจะออกแบบให้มีลักษณะการทำงานที่ต้องสามารถสนองต่อแรงดันที่เพิ่มเกินขึ้นมาได้ หรือแบบที่เป็น active exhalation valve (AEV) คือสามารถมีการทำงานเปิดเผยอตัวเองเพื่อระบายอากาศส่วนเกินออกได้แม้ว่าจะอยู่ในช่วงของการหายใจเข้าก็ตาม ทั้งนี้ เพื่อเป็นการระบายความดันส่วนที่เกินออก ในกรณีที่ผู้ป่วยมีการไอสวนขึ้นมา หรือในกรณีที่ผู้ป่วยเกิดอยากจะหายใจเองขึ้นมาบ้าง (spontaneous breathing) บนแนวของระดับความดันบวก เช่น ในช่วงการหายใจเข้าที่อยู่ในรูปแบบการช่วยหายใจแบบ PCV และด้วยลักษณะการทำงานของวาล์วแบบ AEV นี้เองที่ทำให้ผู้ป่วยสามารถหายใจเองอย่างอิสระบนค่าระดับความดันบวกนี้เอง ทำให้เครื่องช่วยหายใจรุ่นใหม่ ๆ มีเทคนิคการช่วยหายใจรูปแบบใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นตามมาอีก เช่น IR-PCV, APRV, BIPAP

2.3 ตัวใบพัดปั่นสร้างอากาศอัด (Turbine) เป็นทำงานโดยใช้หลักการหมุนปั่นใบพัดด้วยความเร็วสูงมากเพื่อปั่นอัดอากาศภายใต้ช่องแคบ ๆ ทั้งนี้ เพื่อทำให้ได้อากาศอัดที่ความดันสูงพอ ตัวอัดอากาศที่ใช้ turbine เทคนิคนี้มีข้อดีตรงที่มีขนาดเล็กกะทัดรัดและปัจจุบันได้รับการพัฒนามากขึ้นจนสามารถสร้างอากาศอัดที่มีแรงดันและอัตราการไหลสูงเพียงพอกับการใช้งานเมื่อต้องการปริมาตรอากาศจำนวนมาก ๆ และสามารถออกแบบให้รวมไว้อยู่กับระบบจ่ายก๊าซหลักภายในตัวเครื่องได้เลยหรือเป็นระบบอัดอากาศที่อยู่ภายในเครื่อง (internal compressor) โดยมีความร้อนสะสมในการทำงานลดลงมาก

3. การทำงานของโหมดการช่วยหายใจ

โหมดการช่วยหายใจเป็นรูปแบบการทำงานของเครื่องช่วยหายใจในการส่งอากาศเข้าและออกจากปอดผู้ป่วยในหนึ่งรอบการหายใจหรือรอบการทำงานของเครื่อง ลักษณะการทำงานของเครื่องช่วยหายใจในรูปแบบที่แตกต่างกันไปนี้ จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบการไหลของอากาศที่อยู่ภายในวงจรของท่อหายใจในลักษณะต่าง ๆ ซึ่งก็จะส่งผลโดยตรงต่อการระบายอากาศเข้าและออกจากทางเดินอากาศและปอดของผู้ป่วยนั่นเอง จากรูปที่ 5 เป็นรูปที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องช่วยหายใจตัวผู้ป่วยและวิธีการช่วยหายใจจะเห็นว่าวิธีการช่วยหายใจนั้นจะเป็นตัวที่ใช้กำหนดความสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของเครื่องช่วยหายใจกับการหายใจของผู้ป่วยเองหรือที่จะได้รับผ่านรูปแบบการระบายอากาศเข้า-ออก (ventilatory pattern) เครื่องช่วยหายใจในปัจจุบันมีโหมดการทำงานที่หลากหลาย เริ่มจากการช่วยหายใจให้กับผู้ป่วยตั้งแต่การที่เครื่องควบคุมการหายใจทั้งหมด (total control mode) การควบคุมหรือช่วยการหายใจเพียงบางส่วนจากการหายใจเองของผู้ป่วย (partially support/control) และการที่ยอมให้ผู้ป่วยมีการหายใจเอง (spontaneous mode) โดยเครื่องจะค่อยเฝ้าติดตามเพื่อช่วยการหายใจถ้าการหายใจเองของผู้ป่วยนั้นไม่เพียงพอ ทั้งนี้ เมื่อเราพิจารณา

งานที่ใช้ในการหายใจ (work of breathing) ทั้งหมดจะเป็นงานที่เกิดจากการทำงานของเครื่องช่วยหายใจเอง ผสมผสานกับงานจากการที่ผู้ป่วยออกแรงเอง เป็นสัดส่วนที่ขึ้นอยู่กับโหมดการช่วยหายใจที่เลือกใช้ นอกจากนี้ ยังมีการทำงานของเครื่องช่วยหายใจที่ใช้จุดเด่นของการทำงานในโหมดการควบคุมปริมาตร (VC) ที่จะทำให้ผู้ป่วยได้รับปริมาตรอากาศตามต้องการและจุดเด่นของโหมดการควบคุมแรงดัน (PC) ที่จะรักษาความดันอากาศที่ผู้ป่วยได้รับให้มีค่าคงที่ตลอดตามที่ตั้งไว้ นำมารวมกันไว้ในโหมดการช่วยหายใจเดียวกันหรือที่เรียกว่าโหมดการควบคุมแบบสองประเภท (dual control mode) ซึ่งเป็นการอาศัยการทำงานของระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำให้เครื่องสามารถควบคุมปริมาตรและความดันโดยผ่านการปรับอัตราการไหลของอากาศในวงจรหายใจนั้นเอง ซึ่งอาจจะเป็นการช่วยให้ได้รับผลในรอบการหายใจถัด ๆ ไป (breath-to-breath) หรือช่วยให้ได้ในรอบการหายใจนั่น ๆ เลยก็ได้ (within a breath) ซึ่งโหมดในการช่วยหายใจที่กล่าวมาแล้วก็สามารถประยุกต์ใช้กับผู้ป่วยที่มีการใช้งานเครื่องผ่านหน้ากากช่วยหายใจได้ด้วย การที่เครื่องช่วยหายใจในยุคปัจจุบันมีโหมดการช่วยหายใจที่ซับซ้อนมากขึ้นก็เป็นผลมาจากการทำงานที่สัมพันธุ์และสอดคล้องกันของวาล์วควบคุมการไหลทั้งเข้าและออกที่มีประสิทธิภาพสูง สัญญาณที่ได้มาจากตัวเซนเซอร์และซอฟต์แวร์ควบคุมการทำงานที่มีความซับซ้อนมาก จึงจะขอยกตัวอย่างการทำงานของการช่วยหายใจเพียงบางโหมดที่จะพบเห็นในการทำงานของเครื่องช่วยหายใจในปัจจุบัน



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างเครื่องช่วยหายใจ ผู้ป่วยและโหมดการช่วยหายใจ

3.1 โหมดการควบคุมปริมาตรแบบที่มีการปรับรักษาระดับแรงดันอากาศ (Pressure regulated volume control-PRVC)

เป็นรูปแบบการช่วยหายใจที่มีการทำงานโดยอาศัยพื้นฐานของหลักการช่วยหายในแบบ pressure control ที่เครื่องช่วยหายใจจะคอยควบคุมปรับและรักษาระดับแรงดันที่ใช้ในช่วงการหายใจเข้าเองโดยผ่านการเพิ่มหรือลดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าปอดผู้ป่วยเอง ทั้งนี้ ก็เพื่อให้ผู้ป่วยได้ปริมาตรอากาศตามต้องการที่ได้ตั้งเอาไว้ (target volume) การช่วยหายใจในรูปแบบนี้ถือเป็นรูปแบบการช่วยหายใจในขั้นสูงคือ มีการทำงานในสองรูปแบบอยู่ในการช่วยหายใจเดียวกัน (dual control mode) โดยได้นำเอาข้อดีของการช่วยหายใจใน

แบบควบคุมปริมาณ (volume control) ที่แน่ใจได้ว่าผู้ป่วยจะได้ปริมาณอากาศเท่ากันในทุก ๆ ครั้งของการหายใจ กับข้อดีของการช่วยหายใจในแบบควบคุมความดัน (pressure control) ที่แน่ใจได้ว่าความดันในทางเดินอากาศของผู้ป่วยจะไม่มีค่าเพิ่มเกินไปกว่าค่าที่ควบคุมเอาไว้ นำเอาข้อดีของทั้งสองรูปแบบมาไว้ในการช่วยหายใจแบบ PRVC ในกรณีค่าความยอมตามของผู้ป่วยลดลง เครื่องก็จะทำการปรับระดับแรงดันควบคุมให้มีค่าสูงขึ้นแบบอัตโนมัติ (ผ่านการเพิ่มอัตราการไหลของอากาศในช่วงการหายใจเข้า) ทั้งนี้ เพื่อให้ผู้ป่วยยังคงได้ค่าปริมาณอากาศตามค่าเป้าหมาย ในกรณีที่ค่าความยอมตามเพิ่มขึ้น เครื่องก็จะปรับลดค่าแรงดันควบคุมลงมาเอง โดยในบางเครื่องอาจจะเรียกการทำงานที่คล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันในโหมดนี้ว่า Autoflow, adaptive pressure ventilation, VC+

3.2 โหมดการเสริมค่าปริมาตร (Volume support-VS)

เป็นรูปแบบการช่วยหายใจที่อาศัยพื้นฐานจากการหายใจเองตามธรรมชาติของผู้ป่วยเป็นหลัก แต่เครื่องจะค่อยปรับและรักษาระดับการเสริมค่าความดัน (pressure support level) ในช่วงของการหายใจเข้าเอง โดยผ่านการปรับค่าอัตราการไหลของอากาศที่เครื่องจ่ายให้ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ป่วยสามารถหายใจเองจนได้ค่าปริมาณอากาศตามเป้าหมาย (target spontaneous volume) การช่วยหายใจรูปแบบนี้ก็เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการช่วยหายใจในแบบ dual control mode ที่นำมาปรับใช้กับการหายใจแบบ spontaneous ที่มีการรับประกันค่าปริมาณอากาศ (guarantee volume) ที่ผู้ป่วยจะได้รับเมื่อผู้ป่วยมีการหายใจเองผ่านการตรวจจับความพยายามในการหายใจเองของผู้ป่วย โดยในบางเครื่องอาจจะเรียกการทำงานที่คล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันในโหมดนี้ว่า Volume assure pressure support-VAPS, Proportional assist ventilation

3.3 Adaptive support ventilation

เป็นการทำงานที่พื้นฐานการทำงานของโหมด PC โดยเครื่องจะคำนวณหาค่า minute volume ของผู้ป่วยที่ควรจะเป็นจากค่า ideal body weight ที่ผู้ใช้ป้อนให้ก่อนในระบบ จากนั้นเครื่องจะใช้ค่านี้มาเป็นหลักในการหาค่า tidal volume และ respiration rate ที่ถือว่าเป็นเป้าหมายที่เหมาะสมกับผู้ป่วยเพื่อจะทำให้ได้ค่างานในการหายใจที่น้อยที่สุดจากสมการการคำนวณที่มีความซับซ้อน และเริ่มต้นทำการจ่ายอากาศที่มีค่าอัตราการไหล แรงดันอากาศ ปริมาตรอากาศและช่วงเวลาที่เหมาะสมโดยมีการปรับค่าการจ่ายอากาศนี้ไปมาจนได้ค่าใกล้เคียงตรงตามเป้าหมายที่ได้คำนวณไว้ก่อนหน้านี้

3.4 Automode

เป็นรูปแบบการช่วยหายใจที่เครื่องจะทำงานสลับการทำงานเองระหว่างการช่วยหายใจที่มีการควบคุมโดยเครื่อง (VC, PC) กับการหายใจเองโดยผู้ป่วยที่มีเครื่องค่อยช่วยเสริมแรงดันหรือปริมาตร (PS, VS) ผ่านการ

ประเมินผลการหายใจ หากผู้ป่วยหายใจเองไม่ได้หรือไม่พอเครื่องก็จะสลับเป็นโหมดที่เครื่องเป็นฝ่ายควบคุมการหายใจเอง

ในปัจจุบันเครื่องช่วยหายใจกำลังพัฒนาตัวเข้าสู่ยุคที่ 5 ซึ่งเป็นยุคที่จะเน้นไปที่การพัฒนาโหมดการช่วยหายใจให้ซับซ้อนไปจากเดิมผ่านการทำงานของระบบซอฟต์แวร์อัจฉริยะ (intelligence software) มากกว่าการเน้นการพัฒนาวาล์วควบคุมอัตราการไหลหรืออุปกรณ์ควบคุมการทำงานเหมือนในยุคที่ 3-4 เครื่องจะเริ่มนำเสนอโหมดการทำงานที่สามารถปรับเปลี่ยนตัวแปรที่ใช้ในการช่วยหายใจให้กับผู้ป่วยได้เอง (self adjustment) ตั้งแต่เริ่มต้นการช่วยหายใจจนเข้าสู่กระบวนการของการหยุดการใช้งานเครื่อง ภายใต้ความยินยอมและรับรู้จากผู้ใช้เครื่องจะปรับระดับของตัวแปรในการช่วยหายใจทั้งค่าการไหลของอากาศ ความดันที่ใช้ ปริมาตรและช่วงเวลาที่ใช้จากเครื่องสู่ผู้ป่วยไปเรื่อย ๆ จนสามารถแนะนำหรือสนับสนุนการตัดสินใจ (decision support) ให้มีการหยุดการใช้งานเครื่องได้ ซึ่งทำให้เครื่องช่วยหายใจในยุคถัดไปนี้จะเป็นเครื่องช่วยหายใจที่มีความเป็นอัจฉริยะ (smart ventilator) ที่จะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วยมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Adebayo Esan A, Khusid F and Raoof S. “Ventilator technology and management” In: Oropello JM, Pastores SM and Kvetan V. *Critical care*. McGraw-Hill, 2017.
2. Chatburn RL and Mireles-Cabodevila E. “Basic principles of ventilator design” In: Tobin MJ. *Principles and practice of mechanical ventilation*, 3rd edition. McGraw-Hill, 2013.
3. Kacmarek KM. “The Mechanical Ventilator: Past, Present, and Future”. *Respiratory Care*. vol. 56. no. 8. Aug. 2011. pp. 1170-1180.
4. MacIntyre NR. “Design features of modern mechanical ventilators”. *Clin Chest Med*. vol.37, no.4, Dec. 2016. pp.607–613.
5. Major VJ, et al. “Biomedical engineer’s guide to the clinical aspects of intensive care mechanical ventilation”. *BioMed Eng OnLine*. vol.17. Nov. 2018.
6. Pham T, Brochard LJ and Slutsky AS. “Mechanical ventilation: State of the art”. *Mayo Clin Proc*. vol.92, no.9, Sep. 2017, pp. 1382-1400.
7. Pettenuzzo K and Fan E. “Review: Mechanical Ventilation”. *Respiratory Care*. vol. 62. no. 5. May 2017. pp. 629-635.
8. Available from: https://www.draeger.com
9. Available from: https://www.gehealthcare.com
10. Available from: https://www.getinge.com
11. Available from: https://www.hamilton-medical.com
12. Available from: https://www.medtronic.com
13. Available from https://www.vyaire.com/

ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์
Cyber Security

รศ. ดร.สุรนันท์ น้อยมณี
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทนำ

ปัจจุบันความเป็นอยู่ของเราได้เปลี่ยนไปจากก่อนโดยสิ้นเชิง ยุคก่อนเมื่อ 40 ปีที่ผ่านมาเราเรียกว่ายุคอนาล็อก ที่ไม่ได้มีเครื่องมือทางด้านเทคโนโลยีอะไรมากมายที่จะทำให้ความเป็นส่วนตัวของเราต้องหายไป แต่ปัจจุบันก็มาถึงยุคดิจิทัล ซึ่งทุกสิ่งทุกอย่างกลายเป็นเรื่องของการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีทางอินเทอร์เน็ต ซึ่งนับนานวันเข้าก็จะกลายเป็นปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีพที่ได้แก่ อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ยานพาหนะ และตามด้วยต้องมีอินเทอร์เน็ตเป็นปัจจัยที่ 6 กันแล้ว เรามาดูข้อดีและข้อเสียของอินเทอร์เน็ตกัน ข้อดีของอินเทอร์เน็ต [1] ได้แก่ 1) สามารถติดต่อสื่อสารกับบุคคลอื่นได้ทั่วโลก 2) สามารถค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ได้ เสมือนกับเราได้เข้าไปนั่งในห้องสมุดขนาดใหญ่ที่มีข้อมูลมากมายจากทั่วมุมโลก 3) เปรียบเสมือนเวทีให้เข้าไปแสดงความคิดเห็นได้ภายในห้องสนทนาและกระดานข่าวเป็นการเปิดโลกกว้างและวิสัยทัศน์ในเรื่องที่สนใจ 4) สามารถติดตามความเคลื่อนไหวข่าวสารจากทั่วโลกได้อย่างรวดเร็ว 5) สามารถเปิดการค้าได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องหาสถานที่จัดตั้งร้านและพนักงานบริการ แต่สามารถทำการค้าได้ด้วยตนเองคนเดียว และปิดการขายได้ตลอด 24 ชั่วโมง 6) สามารถซื้อสินค้าโดยไม่ต้องเดินทางไปยังร้านค้า สั่งซื้อผ่านทางเว็บไซต์ที่ให้บริการการชำระเงินก็สะดวก เช่น ชำระผ่านทางบัตรเครดิต การหักเงินผ่านบัญชีธนาคาร และทางไปรษณีย์ 7) สามารถรับส่งจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการส่งจดหมายที่ไม่ต้องเสียค่าบริการและรับส่งจดหมายได้ทั่วภายในประเทศและต่างประเทศ นอกจากจดหมายที่เป็นข้อความแล้ว ยังส่งบัตรอวยพรในเทศกาลต่าง ๆ ได้อีกด้วยโดยไม่ต้องเสียค่าซื้อบัตรอวยพร 8) สามารถอ่านนิตยสาร หนังสือพิมพ์ บทความ และเรื่องราวต่าง ๆ ได้ฟรีเหมือนกับร้านซื้อหนังสือแบบนั้นมาอ่านเอง 9) สามารถติดประกาศข้อความต่าง ๆ ที่ต้องการประกาศให้ผู้อื่นทราบได้ เช่น ประกาศขายบ้าน ประกาศสมัครงาน ประกาศขอความช่วยเหลือ และ 10) มีของฟรีอีกมากมายที่สามารถใช้บริการได้จากอินเทอร์เน็ต เช่น ภาพ เพลง ภาพเคลื่อนไหวโปรแกรมคอมพิวเตอร์ พื้นที่สำหรับสร้างเว็บไซต์ ดูหนัง ฟังเพลง เกม ฯลฯ เป็นต้น แต่ทั้งนี้

อินเทอร์เน็ตก็มีข้อเสียเช่นกัน ได้แก่ 1) อินเทอร์เน็ตเป็นเครือข่ายขนาดใหญ่ที่มีผู้คนมากมายเข้าไปใช้บริการ เป็นเวทีที่เปิดกว้างและให้อิสระกับทุกคนได้เข้ามาเขียนข้อมูล หรือติดประกาศต่าง ๆ โดยปราศจากการกลั่นกรองที่ดี ทำให้ข้อมูลที่ได้รับไม่สามารถตรวจสอบได้ว่าเป็นข้อมูลที่เป็นความจริงหรือไม่ 2) เกิดปัญหาของการละเมิดลิขสิทธิ์ เช่น การดาวน์โหลดเพลง หรือรูปภาพ มารวบรวมขาย หรือที่เป็นปัญหาอย่างยิ่งคือการตัดต่อภาพบุคคลสำคัญที่มีชื่อเสียงให้กลายเป็นภาพที่ส่อในทางอนาจารมาเผยแพร่ (แม้จะมีกฎหมายบังคับใช้ในเรื่องสิทธิส่วนบุคคลและพระราชบัญญัติว่าด้วยความผิดทางคอมพิวเตอร์ก็ตาม) ทำให้บุคคลที่สามเหล่านั้นเสียหาย 3) ก่อให้เกิดปัญหาด้านอาชญากรรม เพราะการใช้อินเทอร์เน็ตในทางที่ผิด อาทิ การล่อลวงหญิงไปในทางไม่ดีโดยรู้จักกันผ่านทางสื่อสังคมทางอินเทอร์เน็ต การก่อคดีข่มขืน ซึ่งสาเหตุมาจากผู้คนหมกมุ่นกับเว็บไซต์หนังโป๊ การตกเป็นเหยื่อกับพวกหลอกลวง (Call Center เถื่อน) ที่เกิดขึ้นในสังคมปัจจุบันทุกวัน 4) ก่อให้เกิดปัญหาการหมกหมุ่นของเยาวชนที่เข้าไปในเว็บไซต์ที่ไม่เป็นประโยชน์จนทำให้เกิดโรคติดต่อทางอินเทอร์เน็ตที่เรียกว่า Wedaholic ซึ่งเป็น**อาการทางจิตประเภทหนึ่งที่มีอาการ รู้สึกหมกมุ่นกับอินเทอร์เน็ตแม้ในเวลาที่ไม่ได้ใช้อินเทอร์เน็ต มีความต้องการใช้อินเทอร์เน็ตมากขึ้นเรื่อย ๆ และไม่สามารถควบคุมการใช้อินเทอร์เน็ตได้ รู้สึกหงุดหงิดเมื่อใช้อินเทอร์เน็ตน้อยลงหรือต้องหยุดใช้**จะทำให้เกิดอัตรายต่อตนเองและสังคมได้

เมื่อเราได้ทราบถึงข้อดีและข้อเสียของอินเทอร์เน็ตแล้ว คราวนี้ก็มาดูความหมายของคำว่า **"ไซเบอร์ (Cyber)"** กัน

นิยาม ความหมาย [ศัพท์คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ ฉบับราชบัณฑิตยสภา]

คำจำกัดความทั่วไปของหัวข้อนี้กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับบทความนี้ทั้งหมด ดังต่อไปนี้

1. ไซเบอร์ (Cyber): หมายถึง คำที่ใช้นำหน้าคำอื่น สื่อความหมายว่ามีลักษณะที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์หรือ อิเล็กทรอนิกส์ เช่น **cyber**phobia หมายถึง โรคกลัวคอมพิวเตอร์ **cyber**porn หมายถึง ภาพโป๊ที่มาทางอินเตอร์เน็ต **cyber**punk หมายถึง ผู้ที่ใช้คอมพิวเตอร์ในอาชญากรรมต่าง ๆ อาทิ ขโมยใช้บัตรเครดิต ฯลฯ เป็นต้น

2. ไซเบอร์บูลี (Cyber Bully): หมายถึง การระรานทางไซเบอร์ การกลั่นแกล้ง การให้ร้าย การด่าว่า การข่มเหง หรือการรังแกผู้อื่นทางสื่อสังคมต่าง ๆ อาทิ เฟซบุ๊ก ทวิตเตอร์ และอื่น ๆ

3. อาชญากรรมไซเบอร์ (Cyber Crime: Cybercrime หรือ Cyber-Crime): หมายถึง อาชญากรรมทางไซเบอร์ อาชญากรรมทางคอมพิวเตอร์ 1) การกระทำความผิดกฎหมายโดยใช้คอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์เป็นเครื่องมือ ทำลาย เปลี่ยนแปลง หรือขโมยข้อมูล 2) การทำให้การทำงานของระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบเครือข่ายถูกระงับ ชะลอ ขัดขวาง หรือรบกวนจนไม่สามารถทำงานตามปรกติได้

4. ไซเบอร์เนติก (Cybernetics): **ศิลปะไซเบอร์เนติก หมายถึง** วิชาเกี่ยวกับการติดต่อและควบคุมของสัตว์และเครื่องจักร

5. ไซเบอร์สเพส (Cyberspace): เป็นคำแสลงคำหนึ่งซึ่ง **หมายถึง** อินเทอร์เน็ตและโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะทำงานร่วมกัน

6. ไซเบอร์สตอล์คกิ้ง (Cyberstalking**): หมายถึง** การเฝ้าติดตามทางอินเทอร์เน็ต

7. ไซเบอร์ธิฟส์ (Cyberthieves**): หมายถึง** โจรกรรมทางโลกไซเบอร์ หรือทางอินเทอร์เน็ต

8. **ไซเบอร์ซีเคียวริตี** (Cyber Security) Cybersecurity: **หมายถึง** ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ ภาวะเครือข่าย ระบบคอมพิวเตอร์ โปรแกรม ข้อมูล พ้นจากภัยคุกคาม มีลักษณะสำคัญ 3 ประการ คือ คงความลับ คงความถูกต้องครบถ้วน และคงความพร้อมใช้งาน ภาวะดังกล่าวจะเกิดขึ้นต้องอาศัยบุคลากร กระบวนการทำงาน และเครื่องมือที่เหมาะสม

9. **ไอซีที** (ICT) Information and Communication Technology: **หมายถึง** เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับข่าวสารข้อมูลและการสื่อสาร นับตั้งแต่การสร้าง การนำมาวิเคราะห์หรือประมวลผล การรับและส่งข้อมูล การจัดเก็บและการนำไปใช้งานใหม่ เทคโนโลยีเหล่านี้มักจะหมายถึงคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วยส่วนอุปกรณ์ (Hardware) ส่วนคำสั่ง (Software) และส่วนข้อมูล (Data) และระบบการสื่อสารต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นโทรศัพท์ ระบบสื่อสารข้อมูล ดาวเทียมหรือเครื่องมือสื่อสารใด ๆ ทั้งมีสาย (Wire) และไร้สาย (Wireless)

10. **แฮกเกอร์** (Hacker): **หมายถึง** นักเจาะระบบคอมพิวเตอร์เพื่อไปเฝ้าสังเกตการณ์เฉย ๆ จะไม่มีการทำลายล้างระบบคอมพิวเตอร์

11. **แอทแท็กเกอร์** (Attacker): **หมายถึง** นักเจาะระบบคอมพิวเตอร์เพื่อไปทำลายล้างระบบคอมพิวเตอร์เป้าหมาย

12. **SNMP:** เป็นคำย่อมาจาก Simple Network Management Protocol เป็นโปรโตคอลที่ใช้รวบรวมจัดเรียงข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์เครือข่าย เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลไปจากเดิมโดยผ่านที่อยู่ไอพี (IP Address) เช่น เราเตอร์ (Router) โมเด็ม (Modems) อินเตอร์เน็ตสวิตช์ (Switch) เซิร์ฟเวอร์ (Server) เวิร์กสเตชัน (Workstations) และเครื่องพิมพ์ (Printer) ฯลฯ เป็นต้น

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

ทฤษฎีและแนวคิดเกี่ยวกับภัยคุกคามทางไซเบอร์[2]

ช่วงศตวรรษที่ 1960 การพัฒนาของระบบเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารหรือระบบไอซีที (ICT) โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบอินเทอร์เน็ตได้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อเศรษฐกิจและสังคมโลกเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีดังกล่าวช่วยลดอุปสรรคในเรื่องของเวลาและสถานที่ช่วยทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและความรู้ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น และยังมีส่วนเข้ามาช่วยในการจัดการ งานด้านต่าง ๆ ของทุกภาคส่วนให้มีประสิทธิภาพและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของระบบ ICT ส่งผลให้โลกเปลี่ยนแปลงไปสู่สังคมโลกาภิวัตน์ (Globalization) ที่เทคโนโลยีทำให้การติดต่อสื่อสารและปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลหรือองค์กรดำเนินไปโดยไม่มีอุปสรรคของเขตแดนและเวลา เมื่อเริ่มมีการนำเอาระบบ ICT มาใช้อย่างแพร่หลายมากขึ้นโดยเฉพาะในประเทศผู้นำของโลก ตัวอย่างเช่น ประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศจีนส่งผลกระทบให้รูปแบบเศรษฐกิจและสังคมโลกมีความเปลี่ยนแปลงไปอย่างชัดเจนจนทำให้ระบบ ICT ที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็วและส่งผลให้เกิดแนวคิดเศรษฐกิจใหม่ อีกทั้งมองว่างานสำคัญคืองานบริการพื้นฐานมาจากความรู้ต่าง ๆ ซึ่งเข้าถึงได้ด้วยระบบ ICT พื้นฐานของเศรษฐกิจใหม่คือความสามารถทางการผลิตแบบใหม่ซึ่งต้องอาศัยความรู้และนวัตกรรมที่ได้รับมาจากระบบ ICT

ดังนั้น การแข่งขันในระบบเศรษฐกิจใหม่จะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมที่มีลักษณะเป็นโลกาภิวัตน์โดยการจัดการขององค์กรเพื่อการแข่งขันจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการสร้างและใช้เครือข่ายต่าง ๆ ผ่านขีดความสามารถของระบบ ICT นั่นเอง หากพิจารณาในจุดแห่งความสำเร็จขององค์กร หรือประเทศจะขึ้นอยู่กับความสามารถของพนักงานหรือพลเมืองในการประยุกต์ใช้ความรู้และข้อมูล ดังนั้นการแข่งขันระหว่างประเทศตามแนวคิดเศรษฐกิจใหม่ คือ การแข่งขันกันพัฒนาแรงงานและโครงสร้างพื้นฐานให้ประชาชนสามารถเข้าถึงและใช้สารสนเทศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะนำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิตและการตลาดอีกด้วย

ผลจากการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในหลายทศวรรษที่ผ่านมา ทำให้ยุคสมัยปัจจุบันเกิดการปฏิวัติสารสนเทศ (Information Revolution) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการประมวลผล และกระจายสารสนเทศอย่างกว้างขวางจนนำมาสู่การพัฒนาในสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ และการติดต่อสื่อสารอย่างก้าวกระโดดจนก่อให้เกิดพื้นที่มิติใหม่ที่เรียกว่า “โลกไซเบอร์” (Cyberspace) ด้วยเหตุนี้ความมั่นคงแห่งชาติ (National Security) จึงได้รับผลกระทบจากการปฏิวัติสารสนเทศ และประกฎการณ์ของโลกไซเบอร์นี้โดยตรง เห็นได้จากมีผู้กล่าวถึง “ความมั่นคงด้านไซเบอร์” (Cyber Security) ในบริบทของความมั่นคงแห่งชาติมากขึ้นอีกทั้งยังมีผู้กล่าวถึงคุณลักษณะของโลกไซเบอร์ ความล่อแหลมที่มี อยู่ภายในภัยคุกคามที่เป็นไปได้ด้านไซเบอร์ รวมถึงประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการป้องกัน (Defense) การยับยั้ง (Deterrence) และการโจมตี (Attack) ในโลกไซเบอร์มากขึ้น แม้ว่าในปัจจุบันจะยังไม่มีหลักเกณฑ์ที่แน่นอนและชัดเจนที่จะกำหนดได้ว่า “การโจมตี

ด้านไซเบอร์เป็นอาชญากรรม” ในขณะเดียวกันก็ยังไม่มีกลไกทางกฎหมายระหว่างประเทศใดที่จะสามารถระบุและควบคุมความสัมพันธ์ระหว่างรัฐในโลกไซเบอร์นี้ได้เลย

ด้วยเหตุนี้ ในโลกที่เต็มไปด้วยความขัดแย้งทางการเมือง หากคู่กรณีมุ่งที่จะบรรลุจุดมุ่งหมายของตนโดยไม่สนใจว่าจะใช้เครื่องมืออะไรด้วยแล้ว การทำสงครามไซเบอร์จึงเป็นเครื่องมือที่ง่ายและเหมาะสมมากที่สุดหากพวกเขาต้องการทำสงครามในกรอบของกฎหมายระหว่างประเทศที่มีอยู่ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการใช้อาวุธด้านไซเบอร์กับฝ่ายตรงข้ามก็ย่อมสุ่มเสี่ยงต่อการถูกโจมตีกลับเช่นกัน เพราะคงไม่มีฝ่ายใดที่จะยอมให้ฝ่ายตรงข้ามเป็นฝ่ายโจมตีฝ่ายเดียว เพราะแต่ละฝ่ายต่างก็สามารถโจมตีอีกฝ่ายหนึ่งได้ทุกเมื่อ โดยอาศัยบุคลากรที่มีขีดความสามารถ และระบบเครือข่ายที่มีอยู่ ทั้งนี้ ก็เนื่องมาจากแต่ละฝ่ายสามารถเข้าถึงเครือข่ายจากที่ใดก็ได้ในโลกนี้เพื่อการเฝ้าติดตาม ค้นหาช่องโหว่ของระบบ โจมตีต่อระบบ การแอบฝัง

โปรแกรมจารกรรมข้อมูล (Spyware)

เป็นโปรแกรมไวรัสประเภทที่ผู้เขียนโปรแกรมต้องการแสวงประโยชน์จากการใช้ช่องโหว่ของโปรแกรมควบคุม เครือข่ายและการทำงานของระบบ (Botnet) รวมถึงแพร่ระบาดโปรแกรมไม่พึงประสงค์ (Malware) เพื่อสร้างความเสียหายต่อระบบอีกฝ่ายหนึ่งได้ตลอดเวลาทำให้ยากที่จะป้องกันหรือเฝ้าระวังและติดตามฝ่ายตรงข้าม ดังนั้นการกระทำที่เป็นอันตรายต่อระบบเครือข่ายเหล่านี้ ถือเป็นภัยคุกคาม รูปแบบใหม่ที่เรียกว่า “ภัยคุกคามด้านไซเบอร์” (Cyber Threats) (Wikipedia, 2018) ซึ่งอาจเกิดจาก การกระทำในระดับบุคคล องค์การ หรือรัฐก็ได้ ในระดับบุคคล การกระทำเช่นนี้ถือเป็นการก่ออาชญากรรมบนโลกไซเบอร์ ทั้งที่เกิดจากพวกมือสมัครเล่น พวกลองวิชารวมไปถึงพวกไม่เพียงแต่หวังล้วงหรือขโมยข้อมูลเท่านั้น แต่อาจลามไปถึงการทำลายล้าง หรือสร้างความ เสียหายต่อทรัพย์สินของเป้าหมายหรือสร้างอันตรายและผลกระทบต่อชีวิตประชาชนทั่วไปด้วยก็ได้ อย่างไรก็ตาม กลุ่มที่กระทำโดยมีอุดมการณ์หรือวัตถุประสงค์ทางการเมืองอาจเรียกการกระทำเช่นนี้ได้ว่าเป็น “ภัยการก่อการร้ายทางโลกไซเบอร์” และแน่นอนที่สุดว่าภัยคุกคามเหล่านี้ อาจมิได้กระทำโดยกลุ่มบุคคลหรือผู้ก่อการร้ายด้านไซเบอร์ตามลำพัง เพราะการกระทำของบุคคลเหล่านี้อาจมีองค์การหรือรัฐอยู่เบื้องหลังหรือให้การสนับสนุนก็ได้ทั้งนี้ก็เพื่อบรรลุเป้าหมายทางยุทธศาสตร์ในการสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างพื้นฐานและส่งผลกระทบต่อความมั่นคงแห่งชาติ ฝ่ายตรงข้ามโดยเฉพาะในด้านผลประโยชน์ทางการเมือง เศรษฐกิจ สังคมจิตวิทยา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ฯลฯ เป็นต้น (พล.ต.ฤทธี อินทราวุธ พ.ศ. 2560)

ความเป็นมาของการทำสงครามไซเบอร์

การทำสงครามไซเบอร์ถือเป็นสงครามยุคใหม่ที่ถือกำเนิดขึ้นในช่วงปลายของยุคสงครามเย็น (Cold War) เริ่มจากในปี ค.ศ. 1982 ได้เกิดเหตุการณ์ที่เรียกว่า “การก่อวินาศกรรมท่อส่งก๊าซธรรมชาติทรานส์-ไซบีเรีย” (Trans-Siberian Soviet Pipeline Sabotage) ของอดีตประเทศรัสเซียโดยประเทศสหรัฐอเมริกาได้หลอกให้ประเทศสหภาพสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียตขโมยโปรแกรมควบคุมท่อส่งก๊าซธรรมชาติของตนผ่านทางบริษัทในประเทศแคนาดา โดยโปรแกรมดังกล่าวได้ถูกฝังไวรัสคอมพิวเตอร์ชื่อม้าทอร์จัน (Trojan Horse) ไปด้วย เมื่อประเทศสหภาพสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียตนำโปรแกรมนี้ไปใช้ ไวรัสดังกล่าวได้ทำให้ท่อส่งก๊าซธรรมชาติของสหภาพสาธารณรัฐสังคมนิยมโซเวียตเกิดการระเบิดขึ้นในเดือนมิถุนายน ค.ศ.1982 ทั้งนี้ก็เพื่อขัดขวางไม่ให้ประเทศมีรายได้จากการส่งขายก๊าซธรรมชาติให้กับประเทศตะวันตก และบ่อนทำลายเศรษฐกิจภายในของประเทศรัสเซียในปี ค.ศ.1994 ได้เกิดการโจมตีด้านไซเบอร์ ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยและพัฒนาทางทหารที่ชื่อว่า “Rome Lab” โดยนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ (Attacker) จำนวน 2 นายได้เจาะเข้าสู่เครือข่ายของห้องปฏิบัติการดังกล่าวถึง 150 ครั้ง แต่ก็ไม่สามารถสร้างความเสียหายให้กับห้องปฏิบัติการดังกล่าวได้โดยหนึ่งในนักเลงคอมพิวเตอร์จากประเทศอิสราเอลได้ถูกปล่อยตัวให้พ้นจากข้อกล่าวหาหลังถูกจับกุมตัว เนื่องจากอิสราเอลยังไม่มีกฎหมายที่สามารถบังคับใช้ในกรณีดังกล่าวในขณะนั้นได้ หลังจากนั้นไม่นาน ไวรัสคอมพิวเตอร์ที่เรียกว่า “Love Bug” ได้แพร่ระบาดและส่งผลกระทบต่อคอมพิวเตอร์ทั่วโลกกว่าหกสิบล้านเครื่อง ทำให้หลาย ๆ หน่วยงาน เช่น รัฐสภาประเทศอังกฤษ และบริษัทฟอร์ดมอเตอร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาจำเป็นต้องปิดระบบเซิร์ฟเวอร์ (Server) ของตนเอง ในขณะเดียวกันนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ (Hacker) ชาวฟิลิปปินส์ก็ไม่ได้ถูกตั้งข้อกล่าวหาและถูกลงโทษ เพราะตามกฎหมายของฟิลิปปินส์ถือว่าการสร้างไวรัสคอมพิวเตอร์ไม่ถือว่าเป็นอาชญากรรม

ในปี ค.ศ. 2008 ได้เกิดกรณีที่มีการใช้สงครามไซเบอร์ร่วมกับการใช้กำลังทางทหาร ในเวลาที่ใกล้เคียงกัน คือ ก่อนที่กองทัพรัสเซียจะใช้การโจมตีทางอากาศและรุกเข้าสู่จอร์เจียในเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2008 นั้นประเทศสหภาพรัสเซียได้ทำสงครามไซเบอร์กับประเทศจอร์เจียโดยเริ่มโจมตีต่อเป้าหมายที่ เป็นเว็บไซต์ต่าง ๆ ของรัฐบาลจอร์เจีย สื่อ ระบบการติดต่อสื่อสาร ธนาคาร และบริษัทขนส่งต่าง ๆ เป็นต้น ทั้งนี้โดยอาศัยการปิดกั้นวงจรอินเทอร์เน็ตทุกช่องทางระหว่างจอร์เจียกับรัสเซีย และปิดกั้น วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่จะเข้าและออกจากจอร์เจียทั้งหมด ผลจากการโจมตีดังกล่าว จอร์เจียได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก แม้ว่าผลกระทบดังกล่าวจะน้อยกว่าที่ประเทศเอสโตเนียเคยได้รับในปี ค.ศ. 2007 เนื่องจากสังคมอินเทอร์เน็ตของประเทศจอร์เจียมีความทันสมัยน้อยกว่า แต่การโจมตีดังกล่าวได้ส่งผลต่อขีดความสามารถของประเทศจอร์เจียต่อการสื่อสารกับโลก

ภายนอกและการสร้างการรับรู้ต่อสถานการณ์ที่แท้จริงในประเทศจอร์เจียของนานาชาติ เช่นเดียวกับกรณีของประเทศเอสโตเนีย แม้ว่าประเทศรัสเซียจะตกเป็นผู้ต้องสงสัยว่าอยู่เบื้องหลังเหตุการณ์นี้มากที่สุด แต่ก็ไม่สามารถหาหลักฐานมายืนยันข้อสงสัยนี้ได้เลย อีกเหตุการณ์หนึ่งของการทำสงครามไซเบอร์ด้วยวัตถุประสงค์คล้ายกันได้เกิดขึ้นในเดือนธันวาคม ค.ศ. 2008 ในยุทธการที่เรียกว่า “Operation Cast Lead” หรือที่รู้จักกันดีในนามของ “การสังหารหมู่ในฉนวนกาซา” ของทหารอิสราเอลต่อชาวปาเลสไตน์ในฉนวนกาซา โดย อิสราเอลได้ทำการโจมตีทั้งการโจมตีด้วยกำลังทหารและไซเบอร์พร้อมกัน เพื่อทำลายการติดต่อสื่อสารของกลุ่มฮามาสในฉนวนกาซา เป้าหมายของการโจมตีทั้งสองอย่างนี้ก็คือพลเรือนผู้ต้องสงสัยทั้งที่เป็นชาวปาเลสไตน์และชาวต่างชาติ ผลจากการโจมตีดังกล่าวได้ก่อให้เกิดการสูญเสียขึ้นเป็นจำนวนมากและสงครามไซเบอร์ได้ถูกตั้งคำถามในแง่ของจริยธรรมขึ้นเป็นครั้งแรกว่า “การทำสงครามไซเบอร์ควรมีข้อห้ามและข้อจำกัดอะไรบ้าง” ท้ายที่สุดในปี ค.ศ. 2009 ได้เกิดเหตุการณ์การโจมตีระบบเครือข่ายทางการเงินในลักษณะที่เรียกว่า “DDoS Attack” (Distributed Denial-of-Service Attack) โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ระบบหยุดการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวหรือทั้งระบบ เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นเมื่อกลุ่มนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ไม่ทราบสัญชาติได้ถล่มเครือข่ายคอมพิวเตอร์และเว็บไซต์ของหน่วยงานรัฐบาลเกาหลีใต้ใช้งานไม่ได้นานกว่า 4 ชั่วโมง ตราบจนถึงปัจจุบันรัฐบาลประเทศเกาหลีใต้ก็ยังไม่ทราบว่าใครเป็นผู้กระทำ แม้ว่ารัฐบาลประเทศเกาหลีเหนือและสมาชิกองค์การอาชญากรรมในสหราชอาณาจักรจะตกเป็นผู้ต้องสงสัยมากที่สุดแต่รัฐบาลเกาหลีใต้ก็ไม่สามารถหาหลักฐานมาพิสูจน์ความจริงนี้ได้เลยตราบจนถึงปัจจุบัน

ในส่วนของผู้ให้บริการด้านความมั่นคงปลอดภัยโลก ไซเบอร์อย่าง McAfee ซึ่งผู้ให้บริการโวลูชันด้านความมั่นคงปลอดภัยชื่อดังออกรายงานออกรายงาน “McAfee Labs Threats Report: November 2017 ” ประจำไตรมาสสุดท้ายของปี ค.ศ. 2017 โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า “Threat Intelligence Sharing” หรือการแบ่งปันข้อมูลภัยคุกคามอัจฉริยะ ซึ่งเป็นการรวบรวมข้อมูลภัยคุกคามจากแหล่งต่าง ๆ จากทั่วทุกมุมโลกผ่านกระบวนการวิเคราะห์ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้ทราบว่าขณะนี้องค์กรของเรากำลังเผชิญหน้ากับอะไร ผู้ที่อยู่เบื้องหลังคือใคร ต้องการทำอะไร ระบบไหนที่เป็นเป้าหมาย รวมไปถึงพฤติกรรมเชิงลึกของภัยคุกคามและผู้ที่อยู่เบื้องหลังเหล่านั้น เพื่อให้องค์กรสามารถหามาตรการควบคุมและรับมือกับภัยคุกคามไซเบอร์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิผลและทันท่วงที โดยมีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่องเพื่อรับมือกับภัยคุกคามด้านไซเบอร์ที่นับวันจะทวีความรุนแรงยิ่งขึ้น รวมไปถึงเจาะลึกการโจมตีระดับโลกเมื่อปลายปี ค.ศ. 2016 ที่ผ่านมาต่อเนื่องมาจนถึงปี 2017 นั่นคือ Mirai DDoS Botnet และสถิติของภัยคุกคามต่าง ๆ ที่ค้นพบในปี ค.ศ. 2017 สรุปสถิติสำคัญของภัยคุกคามในปี ค.ศ. 2017 พบว่า 1) มีภัยคุกคามใหม่มากกว่า 200 รายการเกิดขึ้นทุก ๆ 1 นาที หรือเกือบ

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

3 รายการ ทุก ๆ วินาที ไตรมาสที่ 4 ของปี ค.ศ. 2017 พบเหตุการณ์ที่ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงปลอดภัยถูกประกาศสู่สาธารณะมากกว่า 200 เหตุการณ์ และทั้งปีมากกว่า 200 รวมมากกว่า 1,000 เหตุการณ์ 2) จำนวนไวรัส Malware ใหม่บนระบบปฏิบัติการ Mac เพิ่มขึ้นร้อยละ 25 ในไตรมาสที่ 4 และพุ่งสูงถึงร้อยละ 75 เมื่อพิจารณาจากปี ค.ศ. 2017 ทั้งปี ไวรัส Malware บนอุปกรณ์พกพามีปริมาณลดลงร้อยละ 13 ในไตรมาสที่ 4 แต่กลับเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 99 เมื่อพิจารณาทั้งปี โดยจำนวนไวรัส Malware ทั้งหมดทั่วโลกเพิ่มปริมาณขึ้นร้อยละ 25 ในปี ค.ศ. 2017 คิดเป็นมากกว่า 700 ล้านรายการ 3) สแปมบ็อตใน 10 อันดับแรกก่อให้เกิดอีเมล์สแปมในไตรมาสที่ 4 ลดน้อยกว่าปี ค.ศ. 2016 ถึงร้อยละ 22 คิดเป็น 191 ล้านฉบับ รวมทั้งปีมากกว่า 1,000 ล้านฉบับ 4) จำนวน Ransomware ในปี ค.ศ. 2017 เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 72 แต่อย่างไรก็ตาม จากการลดลงของ Locky และ CryptoWall ทำให้ปริมาณ Ransomware ใหม่ในไตรมาสที่ 4 ลดลงถึงร้อยละ 62 จากการศึกษารายงานและสถิติที่ผู้เชี่ยวชาญด้านความปลอดภัยจากหน่วยงานและองค์กรที่มีชื่อเสียงและเป็นที่รู้จักในหลายประเทศทั่วโลกอย่าง Sophos Trend Micro และ Symantec ที่ได้วิเคราะห์สถานการณ์ของภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ตในปี ค.ศ. 2017 ที่ผ่านมาไว้ใกล้เคียงกัน ประกอบกับการติดตามรายงานและบทความที่กล่าวถึงภัยคุกคามที่ผ่านมาย้อนหลังไปในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่ารูปแบบภัยคุกคามทางอินเทอร์เน็ตและเครือข่ายมีแนวโน้มที่กลุ่มอาชญากรทางไซเบอร์พยายามจะพัฒนาไปในทิศทางที่รุนแรงและซับซ้อนมากขึ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่าภัยคุกคามทางไซเบอร์ที่เกิดขึ้นมีรูปแบบที่เปลี่ยนไป โดยถูกส่งมามาในรูปของข้อมูลข่าวสาร ความรู้ และวิทยาการต่าง ๆ ซึ่งไหลบ่ามายังประเทศไทยอย่างต่อเนื่อง และไม่สามารถต้านทานได้อีกต่อไป องค์กรจึงไม่สามารถแก้ปัญหาด้านความมั่นคงรูปแบบใหม่ได้โดยวิธีแบบเดิม ๆ และตามลำพังได้อีกต่อไป การเผชิญภัยคุกคามรูปแบบใหม่ในยุคเศรษฐกิจฐานความรู้ องค์กรจำเป็นที่จะต้องปรับบทบาทให้มีขีดความสามารถหลากหลายมากขึ้น การพัฒนาความรู้แก่บุคลากรทุกระดับจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดเพื่อให้บุคลากรมีความคิดทันสมัยและทันโลกและที่สำคัญต้องพัฒนาให้บุคลากรมีความรู้ควบคู่กับปัญญา

ข้อมูลต่าง ๆ ในระบบไซเบอร์ที่ต้องจัดทำให้มีการรักษาความปลอดภัย

คราวนี้มาเรื่องที่ใกล้ตัวของเรามากที่สุด มาดูว่าเรามีข้อมูลอะไรบ้างที่ต้องมีการรักษาความปลอดภัย ซึ่งข้อมูลดังกล่าวได้แก่:-

1. ข้อมูลส่วนตัวที่เราไปทำธุรกรรมกับหน่วยงานต่าง ๆ อาทิ ข้อมูลบัตรประจำตัวประชาชน ซึ่งในการรักษาความปลอดภัย แม้ว่าทางธนาคารหรือหน่วยงานที่รับเอาเอกสารบัตรประจำตัวของเราไปเก็บรักษา ณ แหล่งเก็บข้อมูลของธนาคารหรือหน่วยงานนั้น ๆ แล้วก็ตาม ก็อาจจะมีการถูกเจาะระบบได้หากธนาคารหรือหน่วยงานนั้นมีระบบการรักษาความปลอดภัยที่ไม่ดีพอ ตัวอย่างที่นักเจาะระบบจะสามารถเจาะระบบเข้าไปได้มี

อยู่หลายช่องทาง เช่น ง่ายที่สุดคือจริยธรรมของพนักงานธนาคารว่าจะมีจรรยาบรรณในวิชาชีพหรือไม่ ถ้าไม่มีก็คงเอาข้อมูลส่วนตัวของเราไปขายให้คนที่อยากจะได้ข้อมูล (แต่ปัจจุบันทางธนาคารได้มีมาตรการณ์ป้องกันอย่างดีแล้ว โดยการให้ลูกค้าของธนาคารกรอกในเอกสารแจ้งความจำนงว่าเราไม่ต้องการให้ทางธนาคารเปิดเผยข้อมูลอะไรบ้าง ส่วนใหญ่ทางธนาคารต้องการให้เราเปิดเผยข้อมูลเฉพาะรูปถ่ายของลูกค้าเท่านั้น นอกนั้นต้องปิดข้อมูลทุกอย่าง หากทางธนาคารไม่ปฏิบัติตามก็ต้องเจอพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล หรือ PDPA ที่ประกาศมีผลเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน 2565 ที่ผ่านมา) หรืออาจถูกเจาะระบบ โดยการปล่อยไวรัสต่าง ๆ เช่นไวรัส Trojan Horse หรือ Malware เข้าไปในธนาคารหรือหน่วยงานนั้น ๆ เพื่อเข้าไปฝังตัวในระบบคอมพิวเตอร์ของธนาคารหรือองค์กรนั้น ๆ ซึ่งเราสามารถป้องกันข้อมูลของบัตรประชาชนของเราหากจำเป็นต้องใช้บัตรประชาชนของเราถ่ายเอกสารด้วยการขีดคร่อมในเอกสารสำเนาแล้วเขียนกำกับว่าบัตรนี้ใช้สำหรับภาระกิจอะไรเท่านั้นพร้อมกับเขียนสำเนาถูกต้องและวันเดือนปีในบัตรประชาชน ดังรูปที่ 1 ได้เลย (อย่าเขียนคำว่าสำเนาถูกต้องข้างนอกรูปถ่ายบัตรประชาชนเพื่อป้องกันการนำไปใช้งานของผู้อื่น)

รูปที่ 1 การลงนามสำเนาถูกต้องบนบัตรประชาชนที่ถูกต้อง

2. ข้อมูลของลูกค้า ณ ศูนย์ข้อมูล (Data Center) ของธนาคารหรือหน่วยงานอื่น ๆ ปกติศูนย์ข้อมูลของธนาคารหรือหน่วยงานที่เกี่ยวกับธุรกรรมทางการเงินทุกแห่งในในโลกจะมีระบบความมั่นคงปลอดภัยทั้งทางกายภาพ (Physical Security) และทางด้านไซเบอร์อยู่แล้ว แต่ก็ไม่อาจที่จะรอดพ้นพวกนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ไปได้ เพราะเป็นอาชีพของพวกนี้ไปแล้ว ดังนั้นศูนย์ข้อมูลต้องติดตั้งระบบความมั่นคงรักษาความปลอดภัยหลายชั้นเพื่อสกัดกั้นนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ให้ได้ ซึ่งการป้องกันได้แก่:-

2.1 ความมั่นคงปลอดภัยทางกายภาพ (Physical Security) เป็นการป้องกันการเข้าถึงศูนย์ข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต (Protection of unauthorized access) จะต้องมีการประเมินและมาตรการป้องกันความเสี่ยง ดังนี้

1) มีระบบกล้องวงจรปิดเพื่อตรวจจับเมื่อมีบุคคลเดินเข้ามายังประตูและเข้ามาด้านในศูนย์ข้อมูล ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 ติดกล้องวงจรปิดอัจฉริยะภายในศูนย์ข้อมูล

รูปที่ 3 เครื่องสะแกนลายมือก่อนเข้าศูนย์ข้อมูล

2) มีระบบสแกนลายมือผู้ปฏิบัติงานในการที่จะเข้าไปบำรุงรักษาระบบคอมพิวเตอร์และระบบไฟฟ้าก่อนเข้าศูนย์ข้อมูล ดังรูปที่ 3

3) มีระบบอินเตอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง สำหรับผู้ดูแลศูนย์ข้อมูลที่จะสามารถตรวจเช็คข้อมูลทุกอย่างในตู้ อาทิ อุณหภูมิ ความชื้น ดูภาพจากระบบกล้องวงจรปิด ดูประวัติของจราจรทางข้อมูล ฯลฯ เป็นต้น

4) มีกุญแจสลักในการเข้าปิด-เปิดตู้เก็บอุปกรณ์เซิร์ฟเวอร์ทั้งแบบธรรมดาและแบบ RFID ดังรูปที่ 4

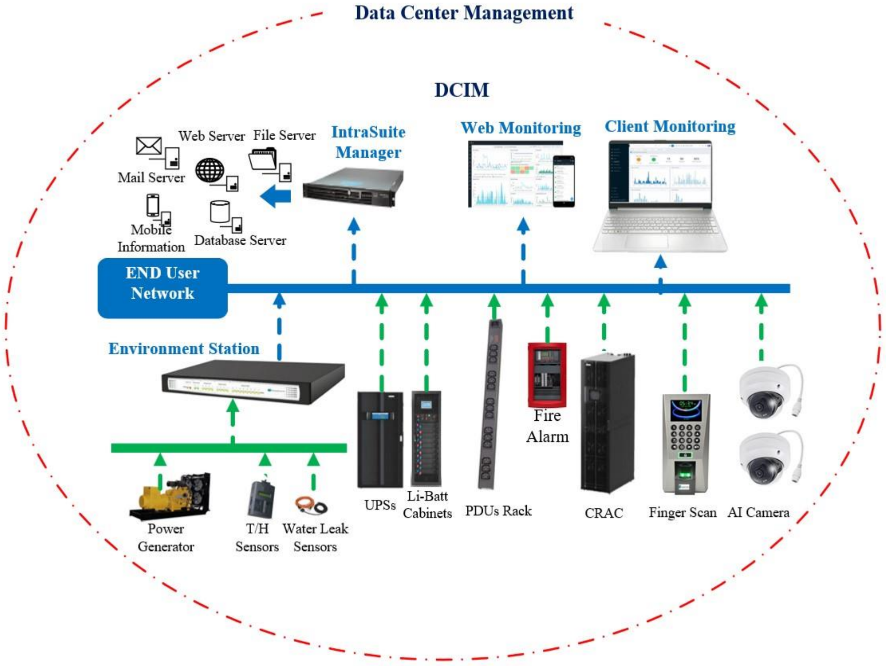
(a) (b)

รูปที่ 4 (a) **สลักกุญแจแบบอิเล็กทรอนิกส์** (b) **แบบสลักกุญแจแบบ** RFID **และอิเล็กทรอนิกส์**

2.2 ความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ (Cyber Security**)** การป้องกันการเข้าถึงโดยไม่ได้รับอนุญาต (Protection of unauthorized access) ติดตั้ง Firewall ทั้งที่เป็นฮาร์ดแวร์ (Hardware) และที่เป็นซอฟต์แวร์ (Software) รวมถึงโปรแกรมป้องกันไวรัสระดับศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่ ถึงจะเอาอยู่

3. มีการบริหารจัดการดำเนินงานของศูนย์ข้อมูลขนาดใหญ่

ศูนย์ข้อมูลของธนาคารหรือองค์กรต่าง ๆ ต้องมีการบริหารจัดการที่ออกแบบให้สามารถใช้ SNMP ที่เป็นมาตรฐานเครือข่าย เพื่อช่วยให้สามารถทำงานร่วมกับระบบการจัดการองค์กรใด ๆ ได้ มีการตรวจสอบผ่านอินเทอร์เน็ตบราว์เซอร์และซอฟต์แวร์ตรวจสอบระยะไกลที่เรียกว่า InfraSuite Manager ที่จะช่วยให้จัดการสถานการณ์ของดาต้าเซนเตอร์ได้อย่างรวดเร็ว ควรมีอินเทอร์เฟซแบบกราฟิกและบันทึกข้อมูลในอดีตเพื่อการจัดการที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น อีกทั้งออกแบบการบริหารจัดการให้มีการแจ้งเตือนแบบเวลาจริง (Real-Time) เพื่อช่วยลดเวลาตอบสนองของฝ่ายบริหารของธนาคารหรือองค์กรอื่น อีกทั้งออกแบบให้รองรับโปรโตคอลการสื่อสาร SNMP การตั้งค่าการเตือนแต่ละค่าตามความต้องการที่แท้จริง โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โครงสร้างการบริหารจัดการศูนย์ข้อมูลระดับใหญ่

4. ข้อมูลยานพาหนะ (Vehicle Data)

ข้อมูลของยานพาหนะในอนาคตก็เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับชีวิตประจำวัน เนื่องจาก เราจะต้องเปลี่ยนยานพาหนะจากที่ใช้น้ำมันไปเป็นยานพาหนะไฟฟ้าเต็มรูปแบบ สิ่งที่ตามมาก็คือการติดตั้งระบบความมั่นคงปลอดภัยทางไซเบอร์ของยานพาหนะไฟฟ้า เพื่อป้องกันการบุกรุกของนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ที่อาจประสงค์ร้ายกับเจ้าของยานพาหนะหรือขโมยยานพาหนะไปได้อย่างง่ายดาย ยกตัวอย่างในรูปที่ 6 จะเห็นว่าหากนักเจาะระบบที่เป็น Attacker สามารถเจาะระบบคอมพิวเตอร์ของยานพาหนะได้ สิ่งที่เกิดขึ้นเขาสามารถครอบครองยานพาหนะคันนั้นได้เลย จะทำสั่งการหรือควบคุมอะไรได้หมด

รูปที่ 6 นักเจาะระบบสามารถควบคุมความเร็วของยานพาหนะไฟฟ้าได้

กรณีดังรูปที่ 6 นี้ สมมุติว่าเราเจ้าของยานพาหนะกำลังขับด้วยความเร็ว 82 กิโลเมตร/ชั่วโมง แต่ถูก Attacker ควบคุมเร่งอัตราความเร็วขึ้นไปเรื่อย ๆ จะเกิน 120 กิโลเมตร/ชั่วโมงโดยที่เจ้าของยานพาหนะไม่สามารถควบคุมรถของตนเองได้เลยแม้กระทั่งที่จะควบคุมพวงมาลัยยานพาหนะ ผลจะเป็นอย่างไร

การที่จะป้องกันยานพานะให้รอดพ้นจากนักเจาะระบบไม่ให้เข้ามาเจาะระบบได้นั้นค่อนข้างทำได้ยาก แต่เราผู้เป็นเจ้าของรถก็คงต้องติดตั้งระบบความมั่นคงไซเบอร์ให้กับรถของเราเพิ่มเติมโดยผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ที่มีจรรยาบรรณในอาชีพ และหากเราจำเป็นต้องเอายานพาหนะเข้าทำการตรวจเช็คสภาพรถตามศูนย์บริการ เราต้องแจ้งความจำนงในเรื่องของพระราชบัญญัติคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล หรือ PDPA กับทางศูนย์รับทราบด้วย และแจ้งความจำนงค์ว่าเราต้องการเข้าไปตรวจสอบดูการทำงานของช่างที่ให้บริการอย่างใกล้ชิด ดังรูปที่ 7 ที่ผู้เขียนเองก็เข้าไปดูการทำงานของช่างบริการอย่างใกล้ชิด เพื่อป้องกันการฝังไวรัส หากทางศูนย์ไม่ยอมปฏิบัติตามก็คงต้องแจ้งความดำเนินคดีกับศูนย์นั้นโดยทันที เพราะทางศูนย์ ฯ จะมีความผิด PDPA ซึ่งเป็นคดีอาญาในเรื่องของ พ.ร.บ. คอมพิวเตอร์รวมอยู่ด้วย โดยแบ่งฐานความผิดออกเป็น 2 กรณี [3] ได้แก่ :-

1) ผิดเรื่องการเข้าถึงระบบคอมพิวเตอร์โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของ และหากเอาข้อมูลไปทำให้เกิดความเสียหายก็จะเป็นบทเพิ่มโทษตาม พรบ.ความผิดเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ พศ. 2550 เป็นโทษทางอาญา

2) หากข้อมูลที่เอาไปเป็นข้อมูลส่วนบุคคลและการเก็บรวบรวม ใช้ หรือนำไปเปิดเผย ไม่มีเหตุยกเว้นตาม พรบ. PDPA จะมีทั้ง

(ก) ความผิดทางแพ่ง หากเป็นกรณีรุนแรง ศาลอาจสั่งจ่ายค่าเสียหายเพิ่มขึ้นอีกไม่เกิน 2 เท่าจากความเสียหายจริง

(ข) ความผิดทางอาญา ซึ่งถ้านิติบุคคลทำ กรรมการผู้มีอำนาจ ผู้จัดการหรือผู้สั่งการ ต้องรับผิดชอบเป็นการส่วนตัวด้วย และ

(ค) โทษทางปกครอง นอกจากจะมีการกำหนดมาตรการเยียวยาให้ผู้เสียหายแล้ว โทษปรับทางปกครองสูงสุด อาจสูงถึง 5 ล้านบาท ต่อ 1 กรรม 1 วาระ แล้วแต่ความรุนแรงและเจตนา

รูปที่ 7 การเข้ารับบริการตรวจสภาพรถที่อาจถูกฝังไวรัส Trojan Horse

5. ข้อมูลทางการแพทย์ (Medical Data) ส่วนใหญ่จะเป็นเวชระเบียน (Medical Record) และข้อมูลเครื่องมือทางการแพทย์ (Medical Instruments)

เวชระเบียน (Medical Record) หมายถึง เอกสารทางการแพทย์ทุกประเภทที่ใช้บันทึกและเก็บรวบรวมเรื่องราวประวัติของผู้ป่วยทั้งประวัติส่วนตัว ประวัติครอบครัว ประวัติการแพ้ยา เอกสารการยินยอมให้ทำการรักษาพยาบาล ประวัติการเจ็บป่วยในอดีตและปัจจุบันข้อมูลบ่งชี้เฉพาะของบุคคล การรักษาพยาบาล ค่ารักษาพยาบาล ผลจากห้องปฏิบัติการ ผลการชันสูตรบาดแผลหรือพลิกศพ ผลการบันทึกค่าทั้งที่เป็นตัวเลข ตัวอักษร รูปภาพหรือเครื่องมืออื่นใดจากอุปกรณ์เครื่องมือในสถานบริการสาธารณสุขหรือเครื่องมือทางการแพทย์ทุกประเภทหรือเอกสารการบันทึกการกระทำใด ๆ ที่เป็นการสั่งการรักษา การปรึกษาเพื่อการรักษาพยาบาลการส่งต่อผู้ป่วยไปทำการรักษาที่อื่น การรับผู้ป่วยรักษาต่อการกระทำตามคำสั่งของผู้มีอำนาจในการรักษาพยาบาลตามที่สถานบริการสาธารณสุขกำหนดไว้เอกสารอื่น ๆ ที่ใช้ประกอบเพื่อการตัดสินใจทางการแพทย์เพื่อการประสานงานในการรักษาพยาบาลผู้ป่วย และเอกสารอื่นใดที่ทางองค์การอนามัยโลกหรือสถานบริการสาธารณสุขกำหนดไว้ว่าเป็นเอกสารทางเวชระเบียนหมายถึงชื่อของหน่วยงานที่ทำหน้าที่ในการจัดทำเอกสารดังกล่าว การเก็บรวบรวม การค้นหา การบันทึก การแก้ไข การให้รหัสโรค การจัดทำรายงานทางการแพทย์ การนำมาจัดทำสถิติผู้ป่วยการนำมาเพื่อการศึกษาวิจัยหรือเพื่อการอื่นใดก็ตามที่สถานบริการสาธารณสุขกำหนด นอกจากนี้ ยังรวมถึงเอกสารทางการแพทย์ที่อยู่ในรูปแบบสื่อดิจิทัลหรือระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Medical Record : EMR) ซึ่งเป็นรูปแบบของเวชระเบียนที่มีการพัฒนาขึ้นในปัจจุบัน จะเห็นได้ว่าเป็นข้อมูลที่สำคัญมาก หากศูนย์ข้อมูลของโรงพยาบาลมีระบบความมั่นคงไซเบอร์ไม่แข็งแรงพอ ก็อาจตกเป็นเป้าหมายของนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งก็มีตัวอย่างมาแล้วบางโรงพยาบาลในต่างจังหวัดที่ถูกนักเจาะระบบประเภท Hacker เข้ามาบุกรุกและเรียกค่าไถ่ ดังนั้นศูนย์คอมพิวเตอร์ประจำโรงพยาบาลจึงต้องควรที่จะต้องมีระบบเก็บ

รักษาข้อมูลที่เป็นเวชระเบียนไว้และผู้ดูแลระบบ (Administrator) ต้องหมั่นดูแลและคอยโอนถ่ายข้อมูลเก็บไว้ยังระบบคอมพิวเตอร์ที่ทำงานแบบอิสระ (Standalone Computer System)

ทำไมต้องมีการวิจัยเกี่ยวกับความมั่นคงความปลอดภัยเกี่ยวกับเครื่องมือทางการแพทย์ [4]

การที่ต้องทำระบบความมั่นคงปลอดภัยให้แก่เครื่องมือทางการแพทย์ เพราะเป็นการป้องกันนักเจาะระบบที่จะเจาะเข้ามายังเครื่องมือทางการแพทย์ที่ต่อกับเครือข่ายนั่นเอง ส่วนวิธีการที่นักเจาะระบบคอมพิวเตอร์จะเจาะเข้ามายังเครื่องมือทางการแพทย์ได้ก็มี 2 ทาง ได้แก่ ผู้ผลิตเครื่องมือทางการแพทย์บางบริษัทที่ไม่มีจรรยาบรรณที่ทำการฝังไวรัส Malware และ Trojan Horse เอาไว้ก่อนนำส่งผู้ขายที่เป็นตัวแทนจำหน่าย หรือไม่ก็ตัวแทนจำหน่ายกระทำการเสียเอง ซึ่งทางโรงพยาบาลต้องตั้งคณะกรรมการตรวจรับเครื่องมือทางการแพทย์เฉพาะกิจที่มีความรู้และความชำนาญทางด้านความมั่นคงไซเบอร์มาช่วยทำการตรวจเช็คก่อนที่จะรับสินค้านี้ (ต้องให้ความสำคัญอันดับต้น ๆ เลย) เครื่องมือทางการแพทย์ที่มีความเสี่ยงกับนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ อาทิ:-

1) เครื่องสแกนภาพตัดขวางด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า (MRI Scanner) เวลาผู้ป่วยจะต้องเข้าเครื่อง MRI Scanner แพทย์/บุคลากรทางการแพทย์ไม่ได้เห็นข้อมูลของผู้ป่วยจากเครื่อง MRI เพียงฝ่ายเดียว นักเจาะระบบก็สามารถเห็นได้ด้วย แม้ว่าทางโรงพยาบาลได้แจ้งประประกาศว่าระบบ MRI นี้ไม่ได้ต่อเชื่อมกับอินเทอร์เน็ตก็ตาม (แต่อย่างไรก็ยังต่อกับเครือข่ายภายในโรงพยาบาลนั้น ๆ อยู่ดี) ดังรูปที่ 8

รูปที่ 8 นักเจาะระบบสามารถเจาะระบบ MRI Scanner ได้

ดังนั้น ทางโรงพยาบาลควรต้องหาทางปิดช่องโหว่ของเครือข่ายภายในให้ดีที่สุดโดยการปิดพอร์ตที่อาจเป็นช่องโหว่ อาทิ พอร์ตหมายเลข 80 ใช้โดยโปรโตคอล http ซึ่งเป็นโปรโตคอล (Protocol) ที่เอาไว้ขนส่งข้อมูลเว็บ (www) เป็นพอร์ตสำคัญอันหนึ่งที่ผู้ดูแลใช้กันเป็นประจำ ส่วนพอร์ต 443 ใช้โดยโปรโตคอล https ซึ่งเป็นการเข้ารหัส http อีกที หรือพอร์ตหมายเลข 20 และหมายเลข 21 ที่ใช้โดยโปรโตคอล ftp สำหรับการรับส่งไฟล์ ฯลฯ เป็นต้น

2) เครื่องฉายภาพรังสีเอ็กซ (X-Rays Scanner) ที่นักเจาะระบบสามารถ เจาะเข้าไปร่วมเฝ้าสังเกต ดังรูปที่ 9

รูปที่ 9 แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ไม่ได้เฝ้าดูหน้าจอของเครื่องฉายภาพรังสีเอ็กซฝ่ายเดียว

3) เครื่องควบคุมสารละลายเข้าทางหลอดเลือดดำ (Infusion Pump) นักเจาะระบบประเภท Attacker ก็สามารถที่จะเข้าไปควบคุมปริมาณสารละลายได้ หากโรงพยาบาลหรือญาติของผู้ป่วยไม่ยอมส่งเงินค่าไถ่ให้ ดังรูปที่ 10 (ซึ่งอาจเป็นอันตรายถึงชิวิตของผู้ป่วยได้) ซึ่งเครื่องมือทางการแพทย์เหล่านี้สร้างความเสี่ยงอย่างมีนัยสำคัญเนื่องจากความเสี่ยงที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งมาจากอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่มีการเชื่อมกับอินเตอร์เน็ตมากขึ้น

รูปที่ 10 การควบคุมเครื่องสารละลายเข้าทางหลอดเลือดดำของนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์

ดังนั้น วิธีป้องกันการบุกรุกของนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ที่ทางโรงพยาบาลจะสามารถกระทำได้ หลังจากตรวจรับเครื่องมือจากผู้จำหน่ายมาติดตั้งระบบเครื่องมือทางการแพทย์เรียบร้อยแล้ว ให้เปลี่ยนรหัสการเข้าถึง (Password) เครื่องมือทางการแพทย์ทันที อีกทั้งผู้ดูแลระบบก็ต้องหมั่นเปลี่ยนรหัสของ Router ทุกวัน พร้อมทั้งตรวจสอบ Log File ของอุปกรณ์การแพทย์ทุกวัน แล้วทำรายงานประจำวัน เพื่อทำเป็น Medical Forensic ภายหลังได้ และสุดท้ายควรติดตั้งกล้องบันทึกภาพ ณ ห้องเก็บเครื่องมือทางการแพทย์ ฯลฯ เป็นต้น

6. การป้องกันนักบุกรุกคอมพิวเตอร์ที่จะบุกรุกอุปกรณ์ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของบุคคลทั่วไป

ผู้ที่ใช้สามาร์ทโฟน (Smartphone) หรือโทรศัพท์มือถือ หรือผู้ใช้บริการ E-Banking หรือ Banking Application สามารถที่จะป้องกันการบุกรุกการเข้าถึงจากผู้บุกรุกได้ดังนี้:-

6.1 กรณีใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการเข้าถึงบริการ E-banking ควรที่จะติดตั้งซอฟต์แวร์ป้องกันไวรัสที่มีบริการเครือข่ายเสมือน (Virtual Network, VPN) เพื่อความปลอดภัยจากนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ที่ไม่สามารถจะเจาะได้ โปรแกรมชื่อ Bitdefender VPN ดังรูปที่ 11 อีกทั้งมีการบริการหลากหลายทางด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ เช่น การบริการ Internet Koll-Switch ที่สามารถระงับการรับส่งข้อมูลอินเทอร์เน็ตที่อันตรายได้ สามารถตั้งค่าบล็อกตัวติดตาม (Tracker Blocking) ฯลฯ และการบริการทางด้านความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์

รูปที่ 11 การติดตั้งซอฟต์แวร์ป้องกันการบุกรุกของนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์

6.2 วิธีป้องกันนักเจาะระบบคอมพิวเตอร์ด้วยตัวเอง ได้แก่:-

1. อย่าใช้รหัสผ่าน (Password) ดังต่อไปนี้
   - หมายเลขโทรศัพท์ของตนเองและของเครือญาติ
   - หมายเลขทะเบียนรถยนต์ของตนเองและของเครือญาติ
   - อย่าตั้งรหัสผ่านเหมือนกันหมด เช่น รหัสผ่านจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ รหัสผ่านของ E-Banking แต่ละธนาคาร กรณีเครื่องมือทางการแพทย์ก็เช่นกัน
   - อย่าตั้งรหัสผ่านที่เป็นเชื่อเล่นของตนเอง ของแฟน หรือเครือญาติหมายเลขบัตรประชาชนของตนเอง และของเครือญาติ

สรุป

ความมั่นคงปลอดภัยไซเบอร์ ก็คือความมั่นคงคอมพิวเตอร์นั่นเอง หมายรวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิดที่ต่อเชื่อมกับเครือข่ายและต่อเชื่อมกับอินเทอร์เน็ต อาทิ สมาร์ทโฟน เครื่องคอมพิวเตอร์ ยานพาหนะไฟฟ้า เครื่องมือทางการแพทย์ ฯลฯ เป็นต้น ซึ่งเราสามารถป้องกันการบุกรุกได้ตามที่กล่าวมาข้างต้น

อ้างอิง

[1] กระบวนวิชา 204100 เทคโนโลยีสารสนเทศและชีวิตสมัยใหม่ (Information Technology and Modern Life) ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ พ.ศ. 2559

[2] Kenneth Geers (2009) "The Cyber Threat to National Critical Infrastructures: Beyond Theory," Information Security Journal volume 18, 2009.

[3] ทค.ชยธวัช อติแพทย์ และ พรบ.ความผิดเกี่ยวคอมพิวเตอร์ พ.ศ. 2550 และ 2560

[4] **S.Noimanee**, K.Noimanee, S.Krisanachinda and W,Senavongse (2016), "Study of Cybercrime and Security in Medical Devices," The 2016 Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON2016), Loung Prabang, Loa. 14-16 December 2017.

[5] Thierry Balzacq and Myriam Dunn Cavelty (2016) "A theory of actor-network for cyber-security," Published online by Cambridge University Press: 12 May 2016.

เทคโนโลยี บล็อกเชนสำหรับ เทคโนโลยีสุขภาพอัจฉริยะ
Application of block chain for smart health technology

รศ. ดร.เชฏฐเนติ ศรีสอ้าน
รองอธิการบดีฝ่ายนวัตกรรมและคณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยรังสิต
Email: chetneti@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

ด้วยจุดเด่นของเทคโนโลยี บล็อกเชน ประกอบด้วย องค์ประกอบสำคัญ 4 องค์ประกอบ ดังนี้คือ (1) ความถูกต้องของข้อมูลและการปลอมแปลงข้อมูลไม่ได้ (2) ความสามารถด้านการตรวจสอบได้ (traceable) มีความโปร่งใส (3) ความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัว และ (4) ความรวดเร็วของธุรกรรม ที่สามารถแก้ปัญหาของวงการสาธารณะสุขทั่วโลก ที่มีปัญหาคล้ายกัน คือ ความโปร่งใส ความมั่นใจ ดังนั้น การประยุกต์ใช้เทคโนโลยี Block Chain กับงานด้านสาธารณสุขเป็นความหวังในการแก้ไขปัญหาเหล่านี้ อีกทั้งกลุ่มสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยีทางการแพทย์ ยังเป็นหนึ่งในห้าของกลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมายหลักในโมเดล Thailand 4.0 จุดประสงค์บทความนี้เพื่อสะท้อนปัญหาของระบบสารสนเทศด้านสาธารณสุขของประเทศไทย โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยี บล็อกเชนเพื่อแก้ปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ได้จากเทคโนโลยีในอดีต

คำสำคัญ เทคโนโลยี บล็อกเชน, การแพทย์อัจฉริยะ

---

1. บทนำ

ในปัจจุบัน ผู้ป่วยที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล ต่างมีความคาดหวังสูงทั้งในเรื่องคุณภาพ มาตรฐาน และความปลอดภัย องค์กรในระบบสุขภาพทั้งของต่างประเทศ และประเทศไทยจึงยึดหลักเป้าหมายความปลอดภัยของผู้ป่วย (Patient safety goal) อีกทั้ง ประเทศไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ มีความต้องการใช้บริการด้านสาธารณสุขมากขึ้น แต่ระบบสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับการให้บริการด้านสาธารณสุขยังมีปัญหาอยู่อย่างมาก โดยบทความนี้ขอเสนอ จุดเจ็บปวด (pain point) ของบริการด้านสาธารณสุขของประเทศไทยดังนี้

I. การจัดการข้อมูล ประวัติผู้ป่วยและเวชระเบียนที่ส่วนใหญ่แล้วยังคงมีอุปสรรคในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเวชระเบียนระหว่างผู้ให้บริการด้านสาธารณสุข ซึ่งอาจส่งผลถึงการรักษาที่ไม่ต่อเนื่องและไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้ในงานวิจัยทางการแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงปัญหาการเบิกจ่ายยาซ้ำซ้อนและการตรวจสอบที่มาที่ไปของยา เป็นต้น

II. ข้อมูลทางการแพทย์ ยังไม่ได้เป็นแบบเรียลไทม์ เราจะรู้ข้อมูลด้านระบาดวิทยา ก็ต่อเมื่อมีการรายงานเข้ากระทรวงซึ่งก็อาจช้าเกินไป การจัดการระบบสุขภาพ (Health Blockchain) จึงมีความจำเป็นสำหรับการเข้าไปควบคุมโรคอย่างทันท่วงที

III. ความมั่นใจในการรักษาความลับของโรงพยาบาลและองค์กรด้านสาธารณสุข

IV. การจ่ายยาผิดพลาด และ ยาปลอม ซึ่งเกิดขึ้นในหลายประเทศ

จากจุดเจ็บปวด (pain point) ดังกล่าวนักวิจัยเริ่มโดยศึกษากรณีศึกษาทั่วโลก เพื่อหา best practice สำหรับประเทศไทยศึกษาจากข้อมูลทุติภูมิที่มีมากพอจะอนุมานได้ว่า น่าจะนำมาใช้ในประเทศไทยได้ในรูปแบบใด

งานวิจัยนี้ประกอบด้วย 5 ส่วนคือ

1. บทนำ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง
4. การวิเคราะห์ความต้องการจากกรณีศึกษา
5. บทสรุป

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในปัจจุบันได้มีการนำบล็อกเชนมาใช้มากขึ้นในด้านการแพทย์และสาธารณสุขมากขึ้นโดยเฉพาะในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา และไต้หวัน บล็อกเชนเป็นเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ในการเก็บและกระจายข้อมูล เพื่อให้การทำธุรกรรม [4] ต่าง ๆ โปร่งใสโดยไม่ต้องใช้คนกลาง บล็อกเชนจึงถูกพูดถึงอย่างมากในแง่ของธุรกรรมการเงิน แต่แท้จริงแล้วในทางการแพทย์ บล็อกเชนก็ถูกนำมาศึกษาอย่างกว้างขวาง ไม่ว่าจะเป็นการเบิกค่ารักษาผ่านประกันให้รวดเร็วขึ้น การนำมาใช้ติดตามระบบซื้อขายยาเพื่อป้องกันยาปลอม รวมไปถึงการนำมาใช้เชื่อมต่อกับข้อมูลสุขภาพซึ่ง Massachusetts General Hospital, Taipei Medical University, Israel Deaconess Medical Center และโรงพยาบาลอีกหลายแห่งทั่วโลกกำลังทดลองในเรื่องนี้

2.1 แอปพลิเคชัน MedRec

ในปี ค.ศ. 2016 นักวิจัยจากสถาบันเทคนโลยีแมสซาชูเซตส์ ได้พัฒนาระบบต้นแบบ เพื่อทดสอบความเป็นไปได้และความเหมาะสมในการใช้บล็อกเชน ร่วมกับข้อมูลด้านสาธารณสุข อีกทั้งเพื่อศึกษาวิธีการทำงานของโครงสร้างแบบไม่รวมศูนย์ในบล็อกเชนว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย และใช้งานร่วมกับระบบอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องได้อย่างไร โดยนักวิจัยเลือกได้เลือกใช้อีเธอเรียม (Ethereum) บล็อกเชน [10] ที่มีจุดเด่นเรื่องสมาร์ทคอนแทรคท์ (Smart Contract) ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาแอปพลิเคชันแบบไม่รวมศูนย์ได้ แตกต่างจากบล็อกเชนรูปแบบอื่นที่มีจุดประสงค์หลักเพื่อใช้ในการทำธุรกรรม นอกจากนี้ สมาร์ทคอนแทรคท์ยังมีชุดคำสั่งที่เอื้อต่อการสร้างระบบควบคุมการเข้าถึงข้อมูลระหว่างแหล่งข้อมูลกับส่วนเชื่อมต่อผู้ใช้และสามารถจัดทำแหล่งเก็บข้อมูลแบบไม่รวมศูนย์ที่มีข้อดีในด้านความพร้อมใช้งาน ความสอดคล้องของข้อมูลและป้องกันข้อมูลสูญหายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลที่ได้จากการพัฒนาข้างต้น คือ ระบบ MedRec [3][8] ที่ช่วยให้ข้อมูลการรักษา ข้อมูลการใช้ยาและผลการทดสอบในห้องทดลอง สามารถตรวจสอบและทำงานร่วมกันได้ อีกทั้งยังสามารถกำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ ผู้ป่วยซึ่งเป็นเจ้าของข้อมูลจะมีสิทธิ์ในการควบคุมการใช้งานข้อมูลอย่างที่ควรจะเป็น และสนับสนุนให้นักวิจัยสามารถนำข้อมูลส่วนตัวที่ได้รับอนุญาตจากผู้ป่วยไปใช้ได้โดยไม่เกิดปัญหาทางจริยธรรมในการละเมิดความเป็นส่วนตัว

2.2 แอปพลิเคชัน Estonia e-Health และ e-Prescription

Palmer [1] นำเสนอการใช้โครงสร้างพื้นฐานข้อมูลลงลายเซ็นแบบไม่ใช้กุญแจ (Keyless Signature Infrastructure) กับระบบ e-Hospital ซึ่งถูกใช้งานระดับประเทศ ซึ่งถูกใช้ในประเทศเอสโตเนีย สาธารณรัฐเอสโตเนียเป็นประเทศที่รัฐบาลให้ความสำคัญกับระบบสารสนเทศอย่างมาก มีการก่อตั้งมูลนิธิ e-Health foundation [11] ที่เป็นส่วนหนึ่งของ e-Government system ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1997 โดยระบบนี้ช่วยให้ประชาชนสามารถเข้าถึงทุกบริการและทุกหน่วยงานของภาครัฐ และมีการบังคับใช้รูปแบบการจัดการข้อมูลของหน่วยงานต่าง ๆ ภายใต้การควบคุม ให้มีความปลอดภัย สอดคล้องกันและสามารถนำไปใช้งานร่วมกันได้ ในด้านสาธารณสุขก็เช่นกัน ประชาชนสามารถเข้าถึงประวัติการรักษา ข้อมูลการใช้ยาของตนเองที่เคยมีการบันทึกไว้จากสถานพยาบาลต่าง ๆ ได้ด้วยบัตรประชาชนที่มีการฝังชิปเอาไว้ นอกจากนี้แพทย์ผู้รักษาจากสถานพยาบาลต่าง ๆ รวมถึงนักวิจัยที่ต้องการข้อมูลสามารถทำการขอสิทธิ์ในการใช้งานได้

หลังจากนั้น ในปี ค.ศ. 2016 มูลนิธิ e-Health มีการประกาศความร่วมมือกับบริษัทด้านความปลอดภัยในการปรับปรุงรูปแบบการเก็บข้อมูล โดยใช้ Keyless Signature Infrastructure (KSI) Blockchain [6] เพื่อป้องกันการลักลอบแก้ไขข้อมูลการรักษาอย่างผิดกฎหมาย และสามารถตรวจสอบเส้นทางในการทุจริตได้

โดย KSI Blockchain นั้นถูกพัฒนาและใช้งานมาตั้งแต่ปี 2008 โดยเป็นบล็อกเชนที่ไม่มีบัญชีแยกประเภท ในทุกครั้งที่ไฟล์มีการเปลี่ยนแปลง จะมีการสร้างคีย์ใหม่แล้วจัดเก็บไว้ใน KSI Blockchain และการเพิ่มคีย์ให้กับสินทรัพย์ดิจิตอลอย่างเช่น ส่วนประกอบของโปรแกรม log file หรือ firmware นั้นยังช่วยให้สามารถสร้างระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติเพื่อป้องกันผู้ไม่หวังดีทั้งหลาย นอกจากนี้ KSI Blockchain ยังมีกลไกการเข้ารหัสลับที่แตกต่างจากบล็อกเชนทั่วไปที่ใช้การเข้ารหัสลับแบบสมมาตร แต่ใช้เพียงแค่การเข้ารหัสลับแบบ Hash เท่านั้น

3. เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

บล็อกเชน [5] เป็นเทคโนโลยีสำหรับเก็บข้อมูลแบบไม่รวมศูนย์ซึ่งถูกออกแบบมาเพื่อเน้นความปลอดภัยโดยการเข้ารหัสลับ (Cryptographic security) ความถูกต้องของข้อมูล (Data validity) และจัดการข้อมูลที่มีความอ่อนไหวสูง (Highly sensitive information) นอกจากนั้นยังสามารถขยายเพื่อรองรับข้อมูลที่มีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง(Volume scalability) โครงสร้างของการเก็บข้อมูลในบล็อกเชนนั้นจะถูกจัดเก็บเป็นลักษณะของชุดข้อมูลที่มีหน่วยเป็น"บล็อก" (Block) ซึ่งมีการเก็บข้อมูลการลงเวลาที่แก้ไขล่าสุดและความสัมพันธ์ระหว่างบล็อกโดยแสดงการอ้างอิงของบล็อกข้อมูลก่อนหน้า ในปัจจุบันบล็อกเชนได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงยุค 3.0

Blockchain 1.0 - Crypto Currency: ในช่วงแรกที่เทคโนโลยีบล็อกเชนถูกสร้างขึ้นมานั้นมีประโยชน์ในวงการการเงินการธนาคารสูงมาก ในการจัดเก็บข้อมูลธุรกรรมทางด้านการเงิน เนื่องจากมีธุรกรรมเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากในทุก ๆ วินาที บัญชีของแต่ละบุคคลจะถูกเก็บเป็นความลับเสมอกันโดยมีเพียงธนาคารเท่านั้นที่ทราบ จึงถูกนำไปใช้ในรูปแบบของสกุลเงินที่ทุกคนสามารถทำธุรกรรมร่วมกันและช่วยกันตรวจสอบความถูกต้องได้ อีกทั้งยังไม่สามารถสร้างข้อมูลที่เป็นเท็จอีกด้วย ซึ่งในช่วงนี้จะมีสกุลเงินที่รู้จักกันทั่วไป เช่น BitCoin และ Ripple

Blockchain 2.0 - Smart Contract [8]: ยุคนี้ เทคโนโลยีบล็อกเชนได้ถูกพัฒนาให้สามารถเขียนโปรแกรมเข้าไป เพื่อควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ ของบล็อกเชนได้โดยไม่จำเป็นต้องพึ่งตัวกลางใด ๆ เช่น ผู้ซื้อขายสินค้าออนไลน์และผ่านทางโซเชียลมีเดีย สามารถลดความเสี่ยงของการชำระเงินลงได้ การโอนเงินข้ามประเทศจะสามารถสำเร็จภายในไม่กี่นาที จากเดิมที่ใช้เวลาหลายวัน การอนุมัติสินเชื่อที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็ว หรือการเคลมประกันแบบอัติโนมัติ โดยไม่จำเป็นต้องใช้เอกสาร รวมถึงยังเป็นการเพิ่มความโปร่งใสในการทำธุรกรรมที่จะช่วยให้การกำกับดูแลของหน่วยงานภาครัฐให้เป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งรูปแบบนี้สามารถบังคับใช้สิ่งที่กำหนดไว้ในสัญญาได้อัตโนมัติ มีความถูกต้อง โปร่งใส เพิ่มความน่าเชื่อถือและประสิทธิภาพการทำงาน ช่วย

ลดขั้นตอนการทำงานและลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากมนุษย์ (Human Error) ซึ่งกลายมาเป็นโครงสร้างพื้นฐานของแอปพลิเคชันแบบไม่รวมศูนย์ (Decentralized Application)

Blockchain 3.0 - แอปพลิเคชันแบบไม่รวมศูนย์ (Decentralized Application - Dapp) [2] บล็อกเชนพัฒนาเข้าสู่ยุคที่นำเทคโนโลยีนี้มาพัฒนาในเชิงธุรกิจอย่างจริงจัง ในรูปแบบของแอปพลิเคชัน เช่น การจัดการสิทธิของที่ดิน การป้องกันการทุจริตในภาครัฐ และการพิสูจน์การเป็นเจ้าของผลงาน ซึ่งแอปพลิเคชันในยุคนี้จะต่างจากยุคก่อนที่ไม่จำเป็นต้องทำงานจากเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง แต่กระจายการทำงานอยู่ในอุปกรณ์บนเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่เชื่อมต่อถึงกันทั่วโลกและใช้สื่อสารกันได้ โดยแอปพลิเคชันจะสามารถทำงานได้ตลอดเวลาไม่มีวันปิด ตราบใดที่ยังมีบุคคลใดบุคคลหนึ่งบนโลกยังสั่งการทำงานของแอปพลิเคชัน อย่างไรก็ตาม

4. การวิเคราะห์ความต้องการจากกรณีศึกษา

Taipei Medical University Hospital [7] ผู้บุกเบิกระบบปฏิบัติการ phrOS ที่แรกของโลก ที่ใช้ blockchain เพื่อแก้ไขปัญหาที่สำคัญด้านสุขภาพ เช่นการถ่ายโอนข้อมูลระหว่างโรงพยาบาลและคนไข้ ที่คนไข้สามารถเข้าถึงประวัติสุขภาพตัวเองได้ ในขณะที่โรงพยาบาลหรือคลินิกเอง ก็สามารถขออนุญาตและแชร์ข้อมูลผู้ป่วยผ่านสัญญาณดิจิทัลได้เหมือนกัน ซึ่งตอนนี้มีคลินิกหลาย 100 แห่งแล้วที่เข้าร่วม พร้อมปรับตัวไปกับเทคโนโลยีนี้

จากกรณีศึกษาต่าง ๆ โรงเรียนแพทย์แห่งอนาคต เพื่อรองรับการเปลี่ยนผ่านทางเทคโนโลยีโรงเรียนแพทย์ต่าง ๆ ทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเริ่มให้ความสนใจในการสอนพื้นฐานบล็อกเชนแก่บุคลากรทางการแพทย์เพื่อให้บุคลากรทางการแพทย์เข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานและข้อจำกัดต่าง ๆ ของระบบบล็อกเชน

5. บทสรุป

การวิเคราะห์ความต้องการจากกรณีศึกษา พบว่าแนวโน้มที่โลกกำลังหมุนไปนั้น แสดงให้เห็นว่าข้อมูลทางการแพทย์จากโรงพยาบาล กำลังจะค่อย ๆ ถูกส่งมอบกลับไปยังคนไข้ ควบรวมเข้ากับข้อมูลสุขภาพของคนไข้เองจากแหล่งต่าง ๆ ข้อมูลมหาศาลเหล่านี้ หากได้รับการจัดระเบียบและศึกษาด้วยเทคโนโลยีที่เหมาะสมภายใต้กฎกติกาที่โปร่งใส จะก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ ๆ ซึ่งจะนำพาเราไปสู่การแพทย์แห่งอนาคตที่แม่นยำมากขึ้น และผิดพลาดน้อยลง

ในอนาคตบุคลากรทางการแพทย์และวิศวกรชีวการแพทย์ด้านบล็อกเชนจะทำงานร่วมกันและมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาระบบบล็อกเชนให้มีความถูกต้องแม่นยำและใช้งานในหลากหลายมิติมากขึ้น ทั้งนี้

เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อตัวผู้ป่วย ลดภาระงานของแพทย์ และการใช้ทรัพยากรทางการแพทย์ที่มีอยู่อย่างจำกัดให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

อ้างอิง

[1] D. Palmer, "Blockchain Startup to Secure 1 MIJlion e-Health Records in Estonia online], Retreved from https://www.coindesk.comblockchain-startup-aims-to-secure-1-million-estonian-health-records,Mar.2016.

[2] Kuo, Tsung-Ting, Hyeon-Eui Kim, and Luala Ohno-Machado. "Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and heath care applications." Journal of the Amenican Medical Intformatics Association 24.6 (2017): 1211-1220.

[3] A Ekblaw, A Azana. J. D. Halamka, MD, A Lippman, 'A Case Study for Blockchain in Healthcare: "MedRec" prototype for electronic health records and medical research data*. pp. 1 - 10, Aug. 2016.

[4] M. Swan, "Blockchain: Btueprint for a New Economy", O'Reilly Media, Inc.. pp. ix -x,2015

[5] N. Nchinda, A. Cameron, K. Retzepi and A. Lippman, "MedRec: A Network for Personal Information Distribution," *2019 International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*, 2019, pp. 637-641, doi: 10.1109/ICCNC.2019.8685631.

[6] M. Mylrea, S. N. Gupta Gourisetti, R. Bishop and M. Johnson, "Keyless Signature Blockchain Infrastructure: Facilitating NERC CIP Compliance and Responding to Evolving Cyber Threats and Vulnerabilities to Energy Infrastructure," *2018 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition (T&D)*, 2018, pp. 1-9, doi: 10.1109/TDC.2018.8440380.

[7] P. H. Wu *et al.*, "User inspection of National Taiwan University Hospital's telehealth care information system," *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 2010, pp. 4542-4545, doi: 10.1109/IEMBS.2010.5626035.

[8] A. Azaria, A. Ekblaw, T. Vieira and A. Lippman, "MedRec: Using Blockchain for Medical Data Access and Permission Management," *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, 2016, pp. 25-30, doi: 10.1109/OBD.2016.11. https://github.com/ethereum/wikiwikiWhite-Paper, Dec.2017

[9] M. Masse, "REST API Design Rulebook, OReilly Media, Inc.. pp. 5 - 33. 2011

[10] The go-ehereum Authors. "Go Ethereum" [online], Retrieved from https://github.com/ethereum/go-ethereum Raval, Decentralized Applications: Hamesing Bitcoin's Blockchain Technology, O'Reilly Media. Inc.. pp.3

[11] Y. Hong, T. B. Patrick and R. Gillis, "Protection of Patient's Privacy and Data Security in E-Health Services," *2008 International Conference on BioMedical Engineering and Informatics*, 2008, pp. 643-647, doi: 10.1109/BMEI.2008.331

ระบบจัดยาอัตโนมัติแบบรวมศูนย์และระบบขนส่งในโรงพยาบาล

อาทร ประภาประไพ
บริษัท Marzank จำกัด

ระบบการจัดยาอัตโนมัติแบบรวมศูนย์

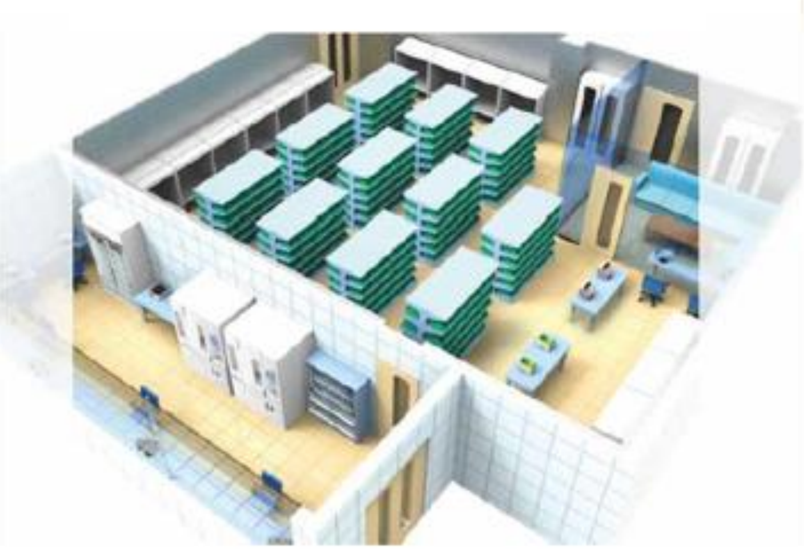
เป็นระบบช่วยบริหารจัดการยาให้กับทางโรงพยาบาล เพื่อให้การจัดยาสามารถรองรับจำนวนผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องประกอบกับการใช้ยาเฉพาะทางมากขึ้น ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยเน้นถึงความปลอดภัยของผู้ป่วย ลดความคลาดเคลื่อนทางยา (Medication Error) ลดระยะเวลารอคอยยาของผู้ป่วย ลดการทำงานซ้ำซ้อน รวมถึงควบคุมยาคงคลัง ตลอดจนการบริหารจัดการยาอย่างเป็นระบบและตรวจสอบกลับได้

งานด้านเภสัชกรรมโดยเฉพาะการจัดเตรียมและการจ่ายยาให้กับผู้ป่วยในโรงพยาบาลทั้งผู้ป่วยใน (IPD) หรือผู้ป่วยนอก OPD นั้นถือได้ว่าเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน นับตั้งแต่การเขียนใบสั่งยา การเตรียมยา การควบคุมสต๊อกยาการจัดยาในแต่ละลักษณะยา การ Verify รายการยาตามใบสั่งยา การจ่ายยาให้ผู้ป่วย ไปจนถึงเมื่อผู้ป่วยได้รับยา เทคโนโลยีหุ่นยนต์จัดยาต่าง ๆ รวมถึงโปรแกรมบริหารจัดการยา ระบบ Traceability ระบบ QR code ต่าง ๆ นี้จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนทางยา ด้วยการลดความยุ่งยากซับซ้อนลง ลดขั้นตอนการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ให้เหลือเท่าที่จำเป็น จึงช่วยลดความเป็นไปได้ที่จะเกิดข้อผิดพลาด อันเนื่องมาจากผู้ใช้งาน (Human Error)

ระบบการจัดการยาแบบอัตโนมัตินี้ ในปัจจุบันจะเน้นในส่วนของ IPD แต่สามารถนำมาต่อยอดจัดการยา OPD ได้ การจัดยาในเมืองไทยมีระบบการจัดยามีความซับซ้อน และยามีหลากหลายประเภทไม่เฉพาะยาเม็ดอย่างเดียว ยังมียาแผงทั้งแผงแข็งและแผงอ่อน ยาแผงตัด ยาฉีด ยากล่อง ยาน้ำ เป็นต้น ซึ่งหากเราจะนำทั้งหมดมาจัดการเราจะเรียกการจัดการนี้ว่าการแก้ไขปัญหาทั้งระบบ (Total solution)

ระบบการจัดยา-จ่ายยาอัตโนมัติสำหรับผู้ป่วยในหรือ IPD

จะเป็นการใช้เทคโนโลยีของเครื่องจัดยาเม็ดอัตโนมัติมาร่วมกับ Software และ ระบบ HIS ของทางโรงพยาบาลทำให้การสั่งยาจากแพทย์สามารถสั่งยาผ่านระบบ HIS เข้ามาควบคุมตัวเครื่อง เพื่อให้จัดยาอัตโนมัติ



รูปที่ 1 IPD Solution

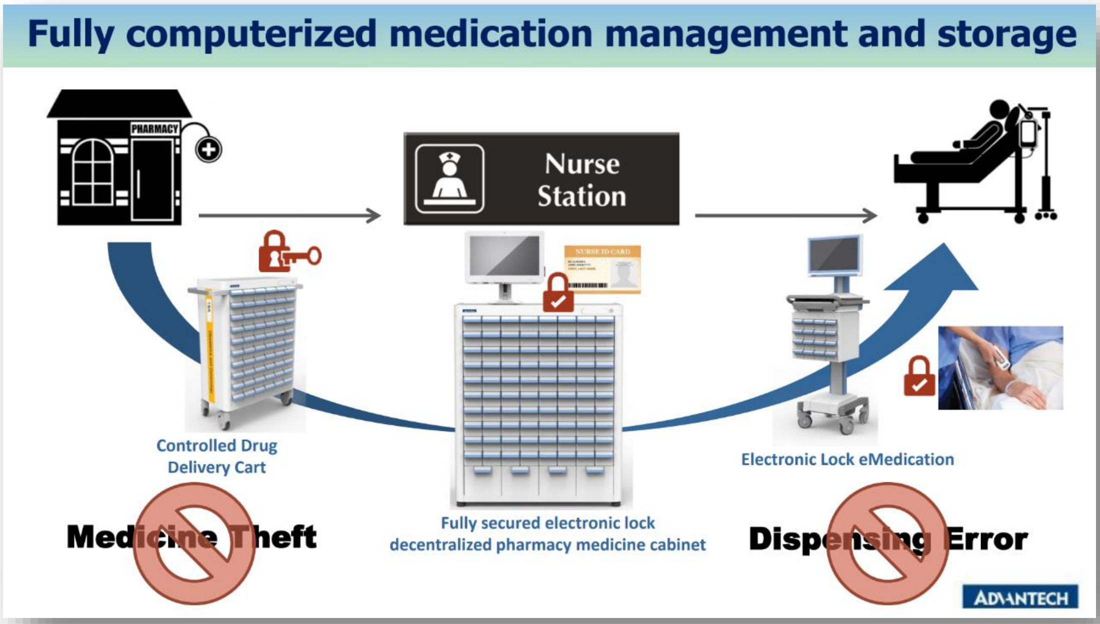
Automatic Tablet Dispensing&Packaging System

รูปที่ 2 ระบบการจัดและจ่ายยาอัตโนมัติ IPD ร่วมกับ โปรแกรมบริหารจัดการยา และระบบ Traceability

การจ่ายยา IPD โดยใช้ รถเข็นจ่ายยา พร้อมกับ Barcode Wrist Band และ Mobile Computer

ในส่วนของ IPD นั้น เทคโนโลยีของรถเข็นจ่ายยา พร้อมกับ Barcode Wrist Band และ Mobile Computer ซึ่ง Solution นี้ จะทำให้ลด Medical Error ได้เป็นอย่างดี เราสามารถนำยาที่ออกมาจากเครื่องจ่ายยาเม็ด แล้วนำมาจัดยาลงในรถเข็นจ่ายยา โดยจะลงทะเบียนลงในโปรแกรมของรถเข็นจ่ายยา ผูกกับ ID ของผู้ป่วยได้และสามารถดึงข้อมูลเวชระเบียน จาก HIS ของทางโรงพยาบาลมาได้

นอกจากยาเม็ดร่วนที่ได้จากเครื่องจัดยาเม็ดอัตโนมัติแล้ว ยังมียาในรูปแบบยาอื่น ๆ ที่ต้องจัดหรือหยิบด้วยมือ เพื่อให้ยาต่าง ๆ ครบถ้วน ก่อนที่จะนำยาดังกล่าวจัดลงในรถเข็นจัดยาต่อไป รถเข็นจ่ายยาจะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ในการเชื่อมต่อระบบรถเข็นจ่ายยาเข้ากับ HIS ของโรงพยาบาลได้ทั้งหมดนี้ ก็เพื่อความปลอดภัยของผู้ป่วย ลดปัญหาในการทำงานซ้ำซ้อน และลด Error ของการจ่ายยาให้ผู้ป่วยผิดพลาดได้ โดยเราสามารถทำได้ตั้งแต่การเติมยา จัดยา ลงในลิ้นชักของผู้ป่วยแต่ละคนได้ จากนั้นเราสามารถ Tracking การให้ยาของผู้ป่วยได้ด้วย Barcode Wrist Band และใช้ Mobile Computer สามารถควบคุมให้ลิ้นชักที่บรรจุยาเปิดออกมาให้ตรงตามผู้ป่วยนั้น ๆ ได้อย่างถูกต้อง และสามารถควบคุมการจ่ายยาให้ผู้ป่วยผ่านโปรแกรม และสามารถ Scan Barcode ที่ Wristband ผู้ป่วย เพื่อเป็นการยืนยันว่าผู้ป่วยถูกคน และ Scan QR Code ที่ซองยาเพื่อเป็นการยืนยันว่าจ่ายยาที่ถูกต้องให้ผู้ป่วยดังรูประบบรถเข็นจ่ายยาด้านล่าง



รูปที่ 3

ระบบการจัดยา-จ่ายยาอัตโนมัติ สำหรับผู้ป่วยนอกหรือ OPD

การบริหารจัดการในการจัดยา และจ่ายยาของ OPD มีความท้าทายเป็นอย่างมาก จากการที่ผู้ป่วยนอกจำนวนมาก 1,000–2,000คน ที่มาใช้บริการในแต่ละโรงพยาบาลรัฐบาล ผู้ป่วยใช้เวลารอคิวในการตรวจรักษาเป็นเวลานาน และยังใช้เวลานานในการรอรับยาจากแผนกเภสัช OPD ด้วย ทำให้มีผู้ป่วยหลายคนต้องมารอรับยาหน้าห้องจ่ายยา OPD เป็นจำนวนมาก

รูปที่ 4

การบริหารจัดการยาอัตโนมัติสำหรับผู้ป่วยนอก OPD

การจ่ายยาให้ผู้ป่วย OPD โดยส่วนใหญ่จะเป็นยาในรูปแบบยาเม็ด (Tablet) และยาแคปซูล (Capsule) มากกว่า 80–90% ที่เป็น**ลักษณะยาแผง** และมียาประเภทอื่น ๆ 10–20% เช่น ยาแผงตัด ยาเม็ด ยาน้ำ ยาครีม ยาในตู้เย็น ยาหลอด เป็นต้น

เบื้องต้นจัดการยาแผงที่มีปริมาณการจ่ายสูงสุด โดยการ Prepack แผงยาให้อยู่ในรูปแบบกล่องและพิมพ์ข้อมูลยาต่าง ๆ ในรูปแบบ QR code ลงบนกล่องยา เพื่อสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้ จากนั้นให้ใส่เข้าเครื่องจ่ายยากล่องอัตโนมัติขนาดใหญ่ เพื่อทำการจัดยากล่องอัตโนมัติ โดยทั่วไปจะมีเครื่องจ่ายยากล่องอยู่ 2 แบบคือ

1) เครื่องจ่ายยากล่องอัตโนมัติแบบ Gripper หนีบ

รูปที่ 5

2) เครื่องจ่ายยากล่องแบบกระโดกกล่องยาออกจาก Slot

โดยตัวเครื่องจะมีรางบรรจุกล่องยาประมาณ 5–10กล่องต่อ Slot และเครื่องมี Slot ยาทั้งหมด 1,000–2,000 Slots ทำให้สามารถบรรจุกล่องยาได้จำนวนมาก เพียงพอต่อการจ่ายยาให้กับผู้ป่วย เมื่อมีข้อมูลใบสั่งยาเข้าในโปรแกรมบริหารจัดการยา รายการยา Slot ใดที่ตรงกับรายการยาในใบสั่งยาก็จะกระโดกกล่องยาตกลงบนสายพานด้านล่าง สายพานดังกล่าวก็จะลำเลียงกล่องยาต่างๆ ที่ถูกจัดทั้งหมดลงในตะกร้า RFID ให้ และตัวระบบจะลำเลียงตะกร้าออกไปด้านหลังเครื่องเพื่อให้เจ้าหน้าที่ไปจัดยาอื่น ๆ ที่ไม่ได้อยู่ในรูปแบบกล่องต่อไป หรือเพื่อส่งไปยัง Counter จ่ายยาต่อไป

รูปที่ 6

ส่วนยาอื่น ๆ ที่ไม่สามารถ Prepack ลงในกล่องได้ เราสามารถ Prepack ลงใส่ถุงได้ โดยใช้เครื่อง Auto Bag สามารถใส่ยาในรูปแบบอื่น ๆ ใส่ซอง และสามารถพิมพ์ Barcode อัตโนมัติ แล้วนำยาดังกล่าวมาเข้าระบบ Smart Shelf เพื่อที่จะหยิบยาต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง โดยใช้โปรแกรมบริหารจัดการยาหรือสามารถเขียนโปรแกรมขึ้นเองได้ตามความเหมาะสม

รูปที่ 7

ในการควบคุม Flow งานต่าง ๆ ตั้งแต่การ Prepack เติมยาและการหยิบยา โดยมี QR Code ที่ถูกพิมพ์บน packaging โดยจะทำงานร่วมกับระบบ Handheld หรือ Mobile computer ได้ดังรูปที่ 8 และนำไปไว้ใน Smart Shelf หรือชั้นวางยาต่าง ๆ ต่อไปเพื่อรอการจัดยาแบบหยิบมือ โดยการหยิบยานั้นจะใช้ Mobile Computer ทำการ Scan QR code ที่ Packaging ยา และควบคุมขั้นตอนการทำงานทั้งหมด

รูปที่ 8

จากระบบต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น ทำให้สามารถบริหารการจัดยา–จ่ายยาอัตโนมัติ สามารถช่วยแก้ไขปัญหาในเรื่อง การเตรียมยา ยาคงคลัง การ Prepack การเติมยาเข้าระบบ การใช้หุ่นยนต์จัดการจัดยากับงานที่ต้องทำซ้ำ ๆ และต้องการความรวดเร็ว และบริหารจัดการทีมงานให้สามารถทำงานคุณภาพต่าง ๆ ได้มากขึ้น มีเวลาให้กับผู้ป่วยมากขึ้น ให้งานระบบการจัดยาและจ่ายยาของโรงพยาบาลทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

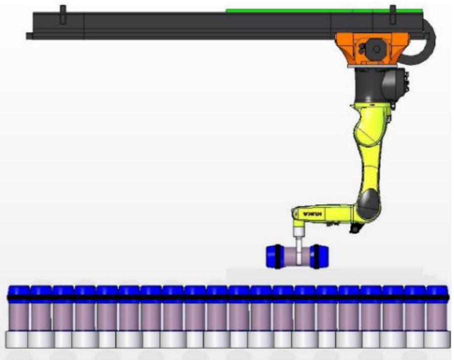
ระบบขนส่งในโรงพยาบาล

จากการทำงานที่ซับซ้อนของแต่ละส่วนของโรงพยาบาลทำให้มีความจำเป็นในเรื่องการขนส่งต่าง ๆ ภายในโรงพยาบาลและระหว่างอาคาร เพื่อความปลอดภัย ความถูกต้อง ความรวดเร็ว การตรวจสอบกลับหรือติดตามงานได้ และความพึงพอใจของผู้รับบริการ เช่น

1. การเคลื่อนย้ายผู้ป่วย
2. การขนส่งงานวินิจฉัยทางการแพทย์
    2.1 การขนส่ง Lab เลือด และชิ้นเนื้อ
    2.2 เวชภัณฑ์ทางการแพทย์ ขนส่งยา และเวชภัณฑ์ปลอดเชื้อ
    2.3 เครื่องมือแพทย์ต่าง
3. งานเอกสารต่าง ๆ

ระบบหรือเครื่องมือที่ใช้ในงานขนส่งต่าง ๆ ในโรงพยาบาลมีดังนี้

1. ระบบขนส่งแบบท่อสุญญากาศ ตามรูปที่ 9



รูปที่ 9

2. ระบบตู้ขนส่งแบบราง ตามรูปที่ 10

รูปที่ 10

3. ระบบรถไฟฟ้าต่าง ๆ ตามรูปที่ 11

รูปที่ 11

4 ระบบรถ AGV ตามรูปที่ 12

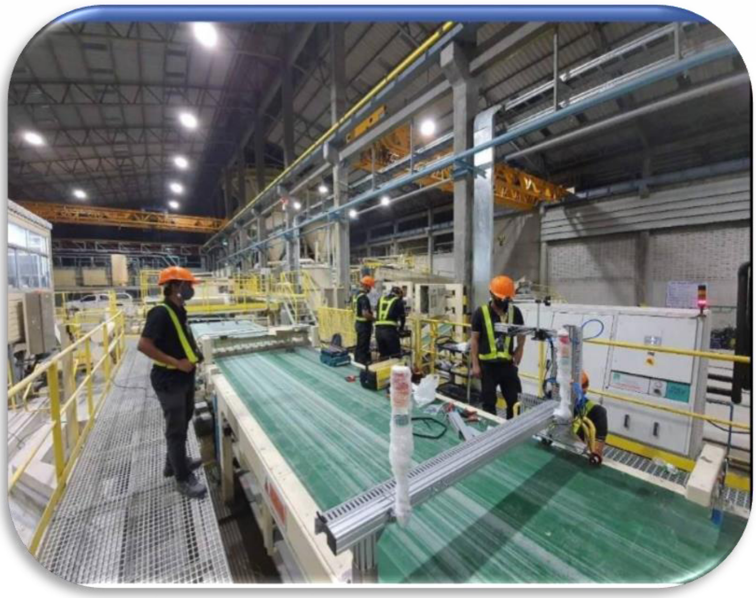
รูปที่ 12

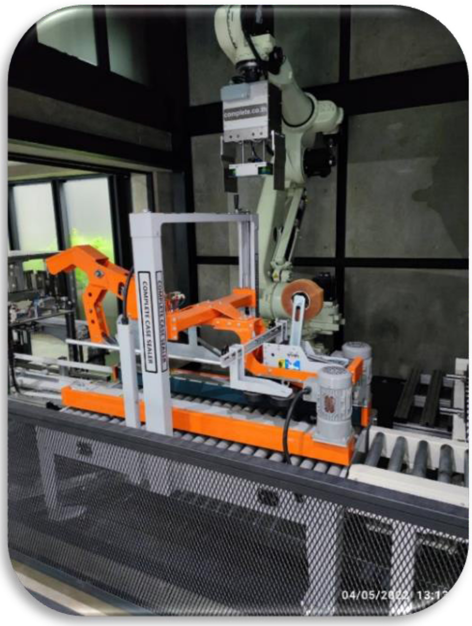
5. หุ่นยนต์ส่งยา ส่งอาหาร โดยสามารถนำส่งได้โดยไม่ต้องติดเส้นนำทาง ซึ่งใช้ระบบกล้องหรือ Linar นำทาง ตามรูปที่ 13

รูปที่ 13

6. ระบบลำเลียงด้วยสายพาน โดยจะมีอยู่หลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะใช้งบประมาณน้อยกว่าระบบตู้ขนส่งแบบราง และสามารถติด Sensor ตามเส้นทาง เพื่อตรวจสอบสถานะของตะกร้าหรือของที่ถูกส่งได้ รวมถึงระบบแขนกลช่วยหยิบของทำงานร่วมกับระบบสายพาน

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION





รูปที่ 14

ระบบขนส่งในโรงพยาบาลที่เต็มรูปแบบหรือที่เรียกการขนส่งแบบรวมศูนย์ควรจะอยู่ในโปรแกรมเดียวกันหรือ Platform เดียวกัน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง เคลื่อนย้าย ติดตามสถานะ ติดตามตำแหน่งและสอบกลับได้ รวมถึงสามารถเชื่อมต่อกลับระบบ Hospital Information System ของทางโรงพยาบาล และสามารถทำรายงานต่าง ๆ ให้กับผู้บริหารโรงพยาบาลเพื่อทราบถึงค่าสถิติต่าง ๆ และมาคำนวณต้นทุนในการบริหารงานในโรงพยาบาลได้

ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ WepMEt

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

บทนำ

จากแนวคิดสากลด้านการพัฒนาสถานพยาบาลทั่วโลกให้มีคุณภาพและมาตรฐานทัดเทียมกันทั่วโลก จึงเกิดการพัฒนามาตรฐานในการให้การรับรองคุณภาพและมาตรฐานของสถานพยาบาลขึ้นเป็น ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกาในนาม JCI Accreditation Standards (Joint Commission International Accreditation Standards) ซึ่งในปัจจุบันมีมากกว่า 70 ประเทศทั่วโลกที่เข้าร่วมการรับรองคุณภาพสถานพยาบาลนี้ โดยหนึ่งในในมาตรฐานสำคัญของ JCI Standard ที่ให้ความสำคัญ คือ “ระบบบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์” โดยระบุแยกไว้โดยเฉพาะ ใน FMS-8 : Medical technology management “องค์กรวางแผนและดำเนินโปรแกรมสำหรับการตรวจสอบ การทดสอบและการบำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ และการสรุปรายงานผล”

ส่วนในประเทศไทยก็ได้นำแนวคิดนี้มาใช้พัฒนาคุณภาพและมาตรฐานโรงพยาบาลในประเทศไทยเช่นกัน โดยในปี พ.ศ. ๒๕๕๒ ได้ประกาศพระราชกฤษฎีกา จัดตั้งสถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์การมหาชน) ขึ้นเพื่อให้การรรับรองคุณภาพและมาตรฐานโรงพยาบาลขึ้น เรียกว่า “สถาบันรับรองคุณภาพสถานพยาบาล (องค์การมหาชน)” เรียกโดยย่อว่า “สรพ.” และให้ใช้ชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า “The Healthcare Accreditation Institute (Public Organization)” เรียกโดยย่อว่า “HAI” โดยมีเป้าหมายให้เกิดการจัดระบบงานขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม ส่งเสริมให้เกิดความตื่นตัวในการนำข้อมูลวิชาการมาจัดทำและใช้เป็นแนวทางการดูแลผู้ป่วย เป็นต้น และ การบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ก็เป็นหนึ่งในข้อกำหนดมาตรฐานสำคัญที่ต้องผ่านการประเมินคุณภาพมาตรฐาน โดยได้ระบุไว้ในบท สิ่งแวดล้อมในการดูแลผู้ป่วย หัวข้อ เครื่องมือและระบบสาธารณูปโภค “องค์กรสร้างความมั่นใจว่ามีเครื่องมือที่จำเป็น พร้อมใช้งาน ทำหน้าที่ได้เป็นปกติ และมีระบบสาธารณูปโภคที่จำเป็น พร้อมใช้งานได้ตลอดเวลา” (สถาบันพัฒนาและรับรองคุณภาพโรงพยาบาล, 2561)

งานด้านวิศวกรรมการแพทย์มีภาระกิจหลักในการบริหารจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการแพทย์ทุกชนิดให้สามารถใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพตลอดอายุการใช้งาน มีความปลอดภัยต่อผู้ป่วยสูงสุด ดังนั้นการมีระบบบริหารจัดการที่ดีจึงจำเป็นต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการช่วยงาน ระบบสารสนเทศสำหรับบริหารจัดการ (Management Information System) จึงเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับงานบริหารจัดการ ซึ่งสอดคล้องกับข้อกำหนดของระบบประกันคุณภาพมาตรฐานโรงพยาบาลระดับสากลที่ระบุว่าโรงพยาบาลต้องมีเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการบริหารเทคโนโลยีทางการแพทย์ ดังนั้น โรงพยาบาลที่ต้องการผ่านมาตรฐานสากลจึงต้องมีระบบสารสนเทศฯ นี้ไว้ใช้งานเพื่อให้สามารถเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผลและวางแผนการใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่

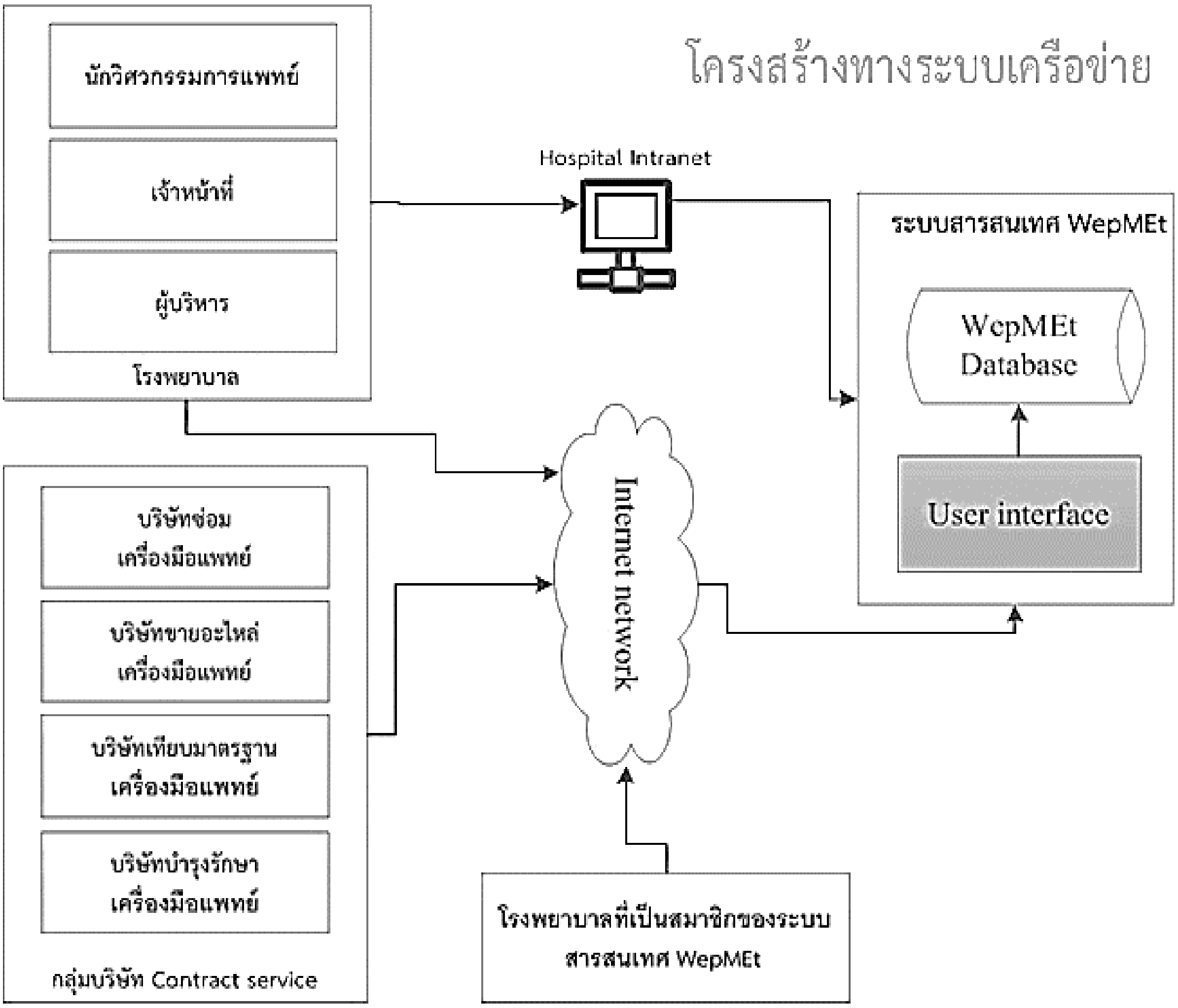
ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2552 โปรแกรมบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาล จึงถูกพัฒนาขึ้นในรูปแบบดุษฎีนิพนธ์ระดับปริญญาเอก โดยมี รศ.ดร.ชิษณุทัศน์ บรรลือโชคชัย เป็นที่ปรึกษาหลัก ภายหลังในปี พ.ศ. 2556–2558 ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจาก สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในการพัฒนาเพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นระบบสารสนเทศ WepMEt Version 1 โดยมี ผศ.ดร.อาทร สรรพานิช เป็นที่ปรึกษาหลัก โดยออกแบบให้มีลักษณะเป็น Web application จึงสามารถทำงานได้ทั้งบนระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ภายในองค์กร (Intranet network) และระบบเครือข่ายอินเตอร์เน็ท (Internet network) ประกอบด้วย 1) ระบบงานทะเบียนเครื่องมือแพทย์ 2) ระบบงานซ่อมบำรุง 3) ระบบงานอะไหล่สำรอง 4) ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเทียบมาตรฐาน 5) ระบบงานสำรอง จอง ยืม คืน 6) ระบบงานสรุปและรายงานผล 7) ระบบงานนำเข้าข้อมูล 8) ระบบงานผู้ดูแลระบบ และ 9) ระบบสำรองข้อมูล

ภายหลังการวิจัยสิ้นสุดได้เปิดให้โรงพยาบาลต่าง ๆ นำไปใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายใด ๆ นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2560 ได้รับรางวัล “นวัตกรรมดี” จากการประกวดนวัตกรรมซอฟท์แวร์ ซึ่งจัดโดยกระทรวงสาธารณะสุข และได้รับรางวัลเลิศรัฐ ประเภท “รางวัลบริการภาครัฐระดับดี” จากคณะกรรมการพัฒนาระบบข้าราชการ (ก.พ.ร.) ในปี พ.ศ. 2564 ที่ผ่านมา จากนั้นในปี พ.ศ.2563 ถึง 2565 ยังได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) เพื่อดำเนินการพัฒนายอดอย่างต่อเนื่องเป็นระบบสารสนเทศ WepMEt Version 2 ซึ่งคาดว่าจะสามารถเผยแพร่ให้นำไปใช้งานได้ภายในสิ้นปี 2565 นี้

โครงสร้างของระบบสารสนเทศ WepMEt

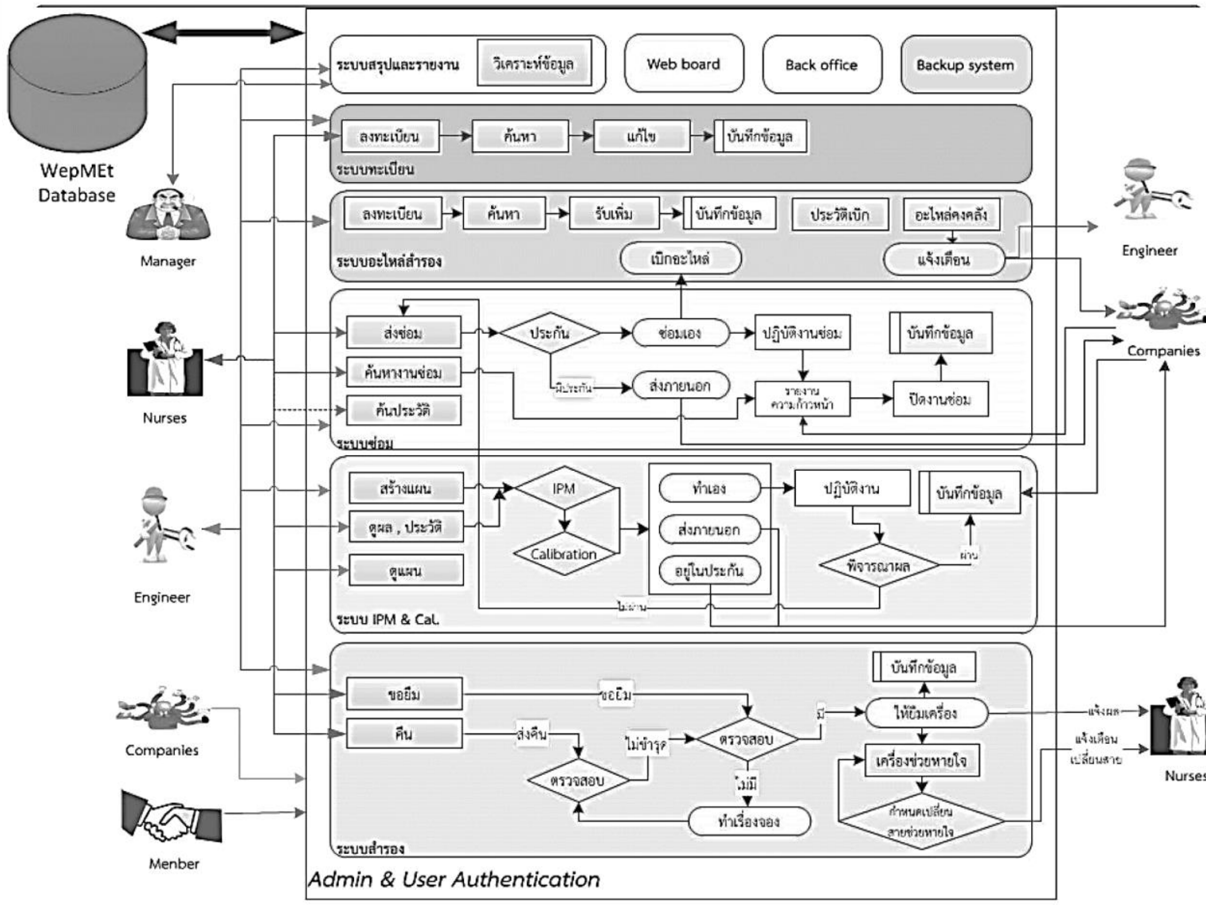
ระบบสารสนเทศ WepMEt ถูกออกแบบตามแนวคิด Open Source Software ด้วยภาษา php และ mySql และมีการทำงานแบบ Client–Server ทำงานบน Web browser สามารถทำงานได้ทั้งบน

เครือข่าย Intranet และ Internet จึงสามารถรองรับผู้ใช้งานที่หลากหลายทั้งในและนอกองค์กร (รูปที่ 1) โดยสามารถกำหนดสิทธิการเข้าใช้งานระบบได้ถึง 3 ระดับตามความแตกต่างกันของผู้ใช้งานและตำแหน่งงาน ดังนั้นจึงสามารถเปิดรับสมาชิก (User) ที่เป็นหน่วยงานภายนอก เช่น บริษัทผู้ให้บริการซ่อมเครื่องมือแพทย์สามารถเข้ามาบันทึกข้อมูลการซ่อมในระบบได้ตามการกำหนดสิทธิการเข้าใช้งาน เป็นต้น

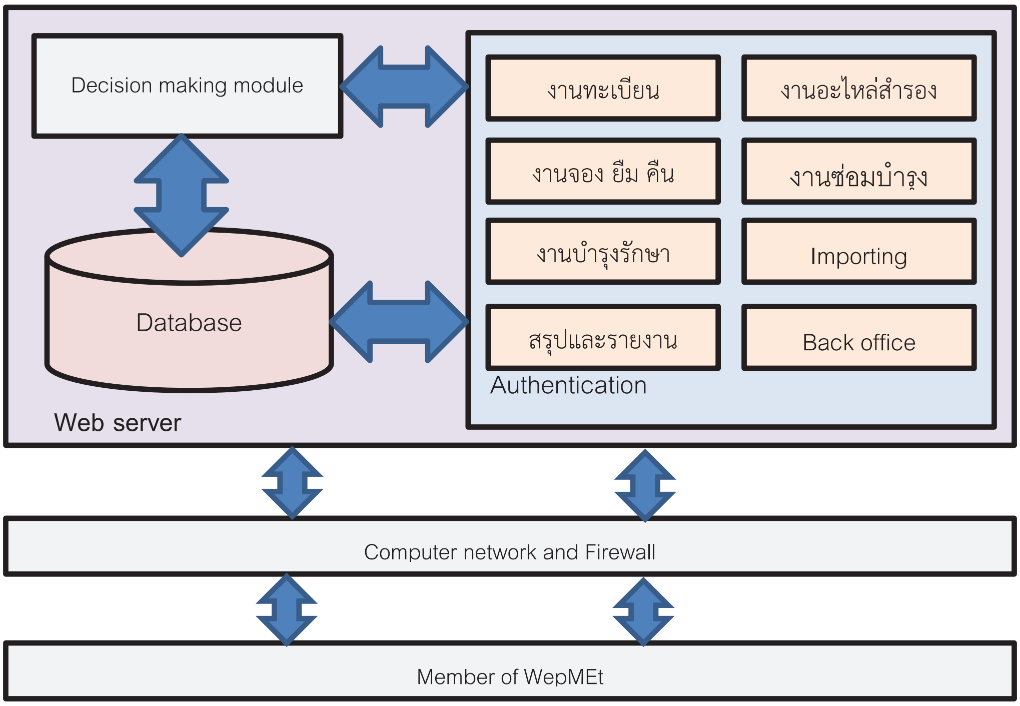


รูปที่ 1 โครงสร้างทางระบบเครือข่ายของระบบสารสนเทศ WepMEt

การออกแบบระบบการทำงานใช้กระบวนการพัฒนาโปรแกรมแบบเร็ว (Rapid Prototype base Methodology) โดยการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบครั้งละ 1 โมดูลและนำไปวิพากย์โดยคณะผู้ทรงคุณวุฒิ จนกระทั่งเมื่อพัฒนาสำเร็จทุกโมดูลจึงนำไปทดลองใช้งานเป็นระยะเวลา 3 เดือน และทดสอบความพึงพอใจจากผู้ใช้งาน

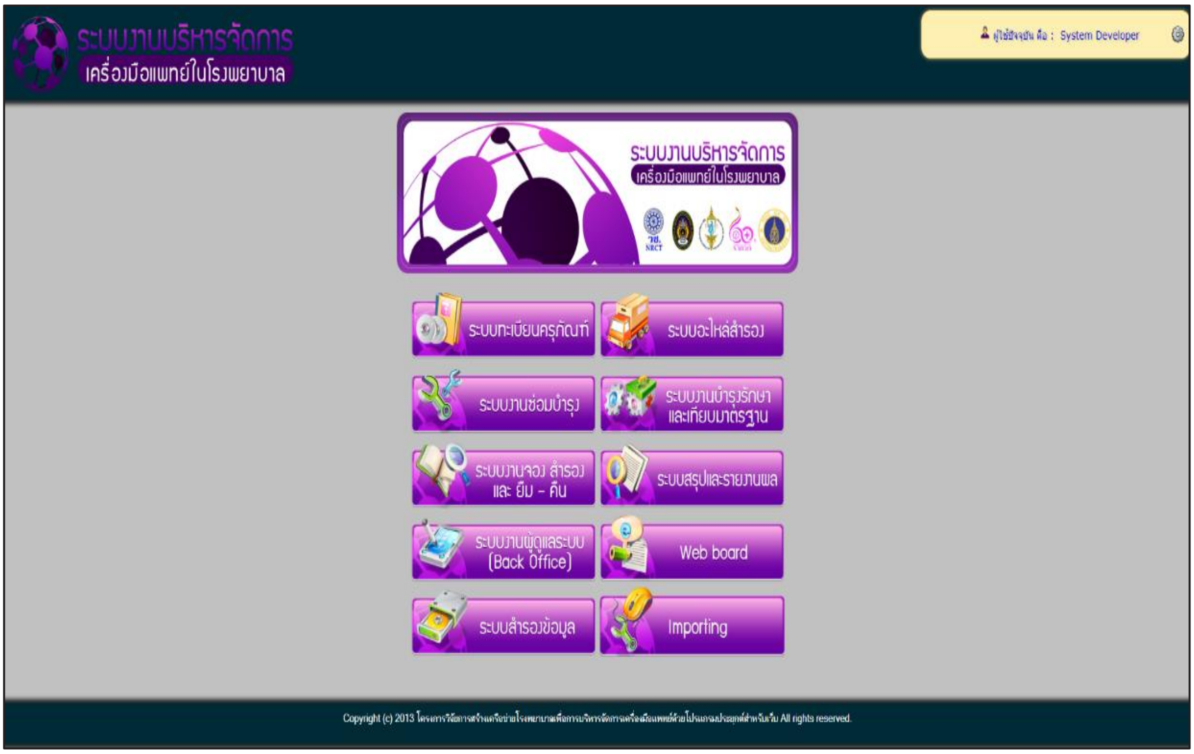


รูปที่ 2 การเชื่อมต่อข้อมูลของระบบสารสนเทศ WepMEt



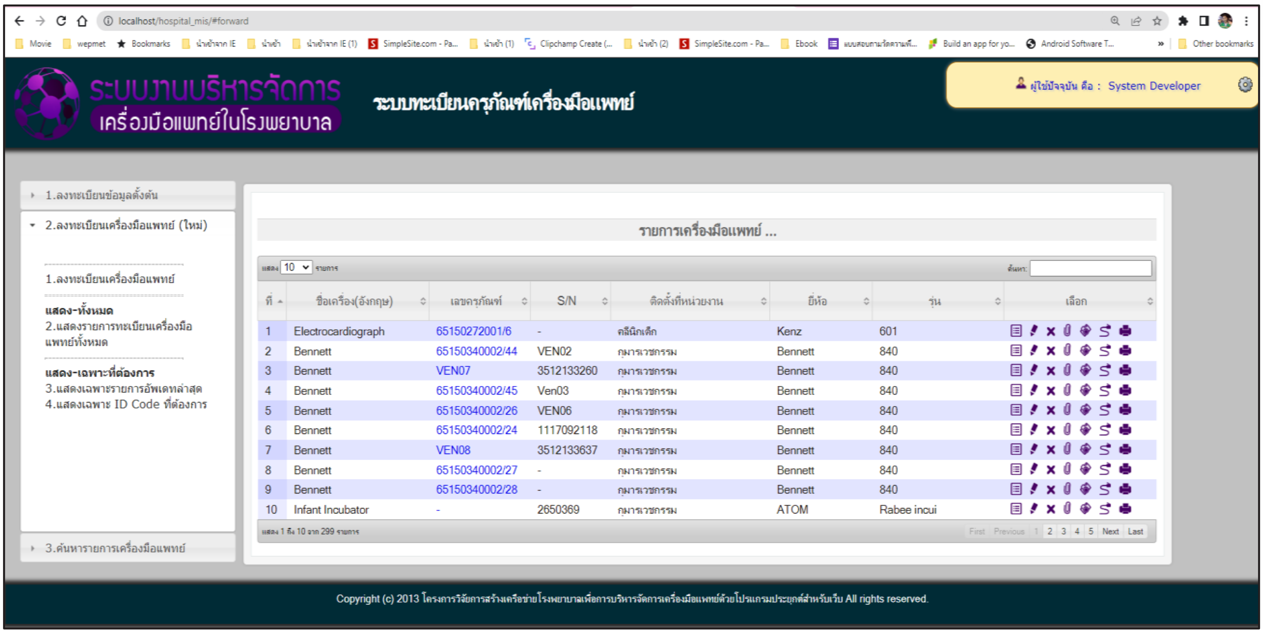
รูปที่ 3 โครงสร้างของระบบสารสนเทศ WepMEt

โดยในเวอร์ชั่นที่ 1 พัฒนาขึ้นโดยใช้ php V. 5.2 และ mySql V. 5.0.45 โดยพัฒนาร่วมกับศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล หน่วยอุปกรณ์การแพทย์ สถาบันเด็กแห่งชาติมหาราชินี และหน่วยอุปกรณ์การแพทย์ โรงพยาบาลราชวิถี ประกอบด้วย 8 โมดูล คือ 1) ระบบงานทะเบียนเครื่องมือแพทย์ 2) ระบบงานซ่อมบำรุง 3) ระบบงานอะไหล่สำรอง 4) ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเทียบมาตรฐาน 5) ระบบงานสำรอง จอง ยืม คืน 6) ระบบงานสรุปและรายงานผล 7) ระบบงานผู้ดูแลระบบ และ 8) ระบบสำรองข้อมูล และต่อมาในปี พ.ศ. 2560 ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ในการพัฒนา “ระบบงานนำเข้าข้อมูลและแสดงข้อมูลการซ่อมจากโปรแกรม RMC2012” เพิ่มเติมขึ้นมาอีก 1 โมดูล ซึ่งแต่ละโมดูลมีรายละเอียดพอสังเขปดังนี้ (ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่ http://wepmet.in.th)



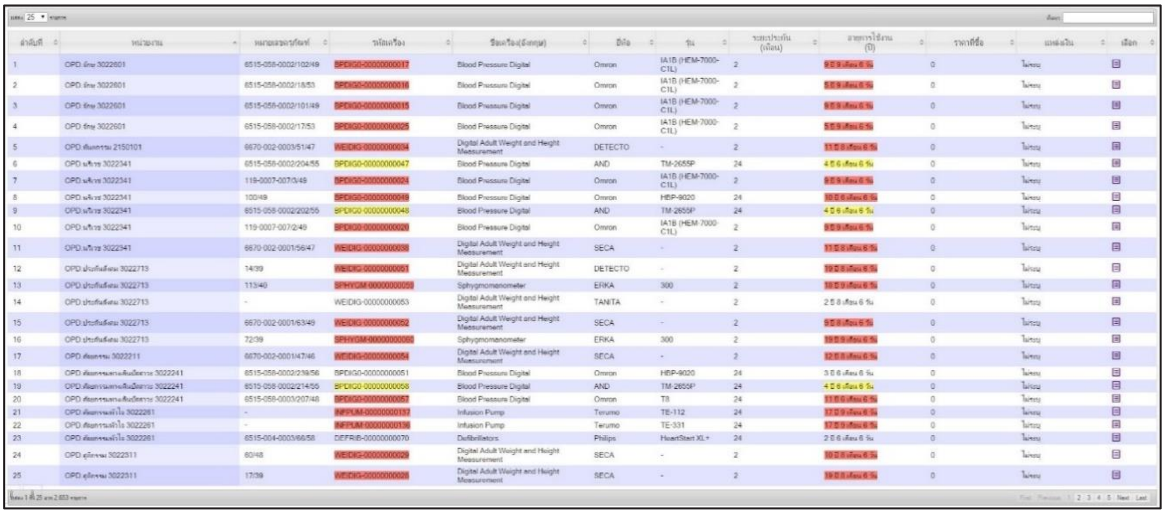
รูปที่ 4 หน้าจอหลักของระบบสารสนเทศ WepMEt V1.2

1. ระบบงานทะเบียนเครื่องมือแพทย์ ทำหน้าที่เก็บรวบรวมข้อมูลรายการเครื่องมือแพทย์ของโรงพยาบาล โดยสามารถแสดงแถบสีบนรายการเครื่อง เป็นสีเหลือง เมื่อ รายการนั้นอีก 1 ปีจะมีอายุเท่ากับจำนวนปีที่คิดค่าเสื่อมราคา และ สีแดง เมื่อ รายการนั้นมีอายุมากกว่าจำนวนปีที่คิดค่าเสื่อมราคา (รูปที่ 7) และสามารถสร้าง Barcode จาก ID code ได้



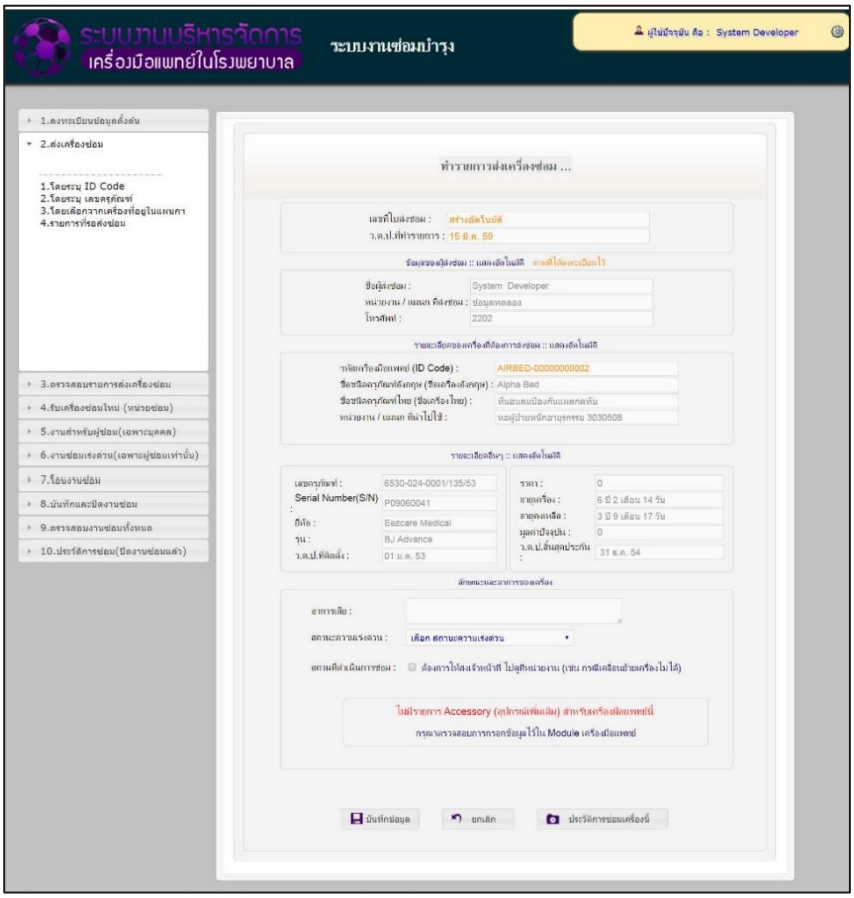
รูปที่ 5 หน้าจอระบบทะเบียนครุภัณฑ์ของระบบสารสนเทศ WepMEt Version 1.2

รูปที่ 6 หน้าจอแสดงรายละเอียดรายการทะเบียนเครื่องมือแพทย์

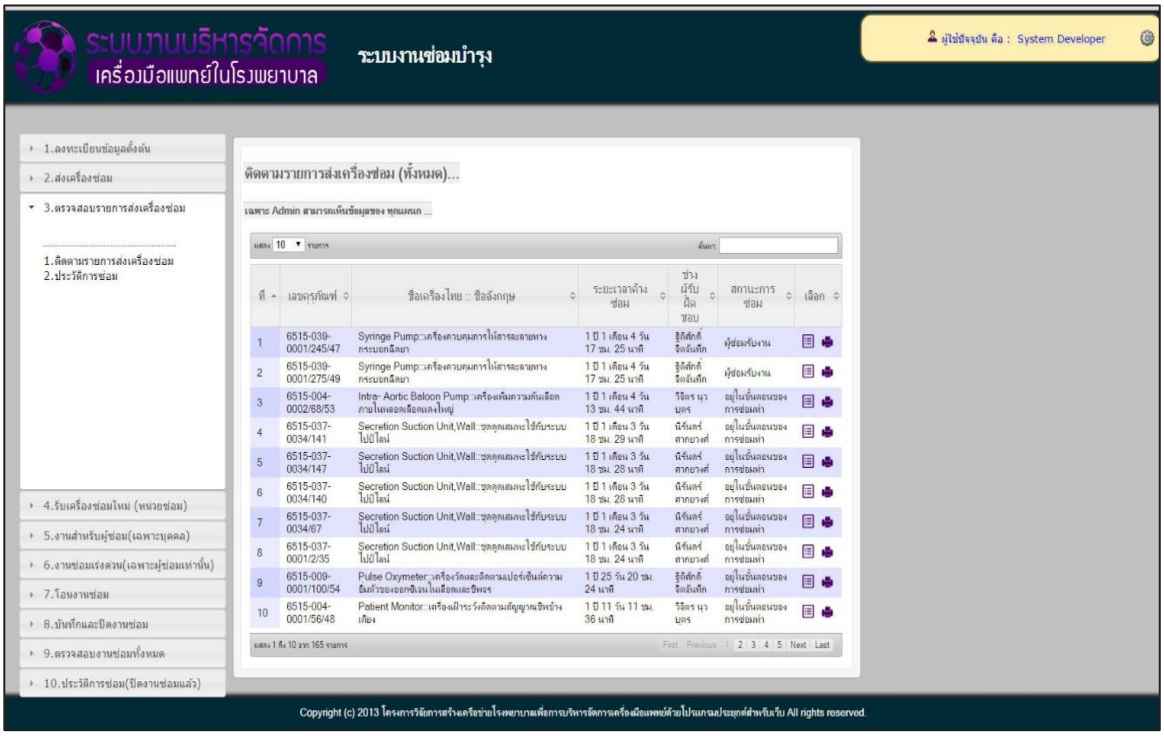


รูปที่ 7 หน้าจอแสดงรายการเครื่องมือแพทย์

2. ระบบงานซ่อมบำรุง ใช้บริหารงานซ่อมบำรุงโดยรองรับทั้งการซ่อมภายในและการซ่อมภายนอกโดยบริษัท ผู้ใช้งานสามารถตรวจสอบความก้าวหน้าในงานซ่อมของตนเองได้ ซึ่งรายการซ่อมจะเปลี่ยนเป็นแถบสีเหลืองเมื่อเครื่องซ่อมนานกว่า 7 วัน และเปลี่ยนเป็นสีแดงเมื่อซ่อมนานกว่า 15 วัน

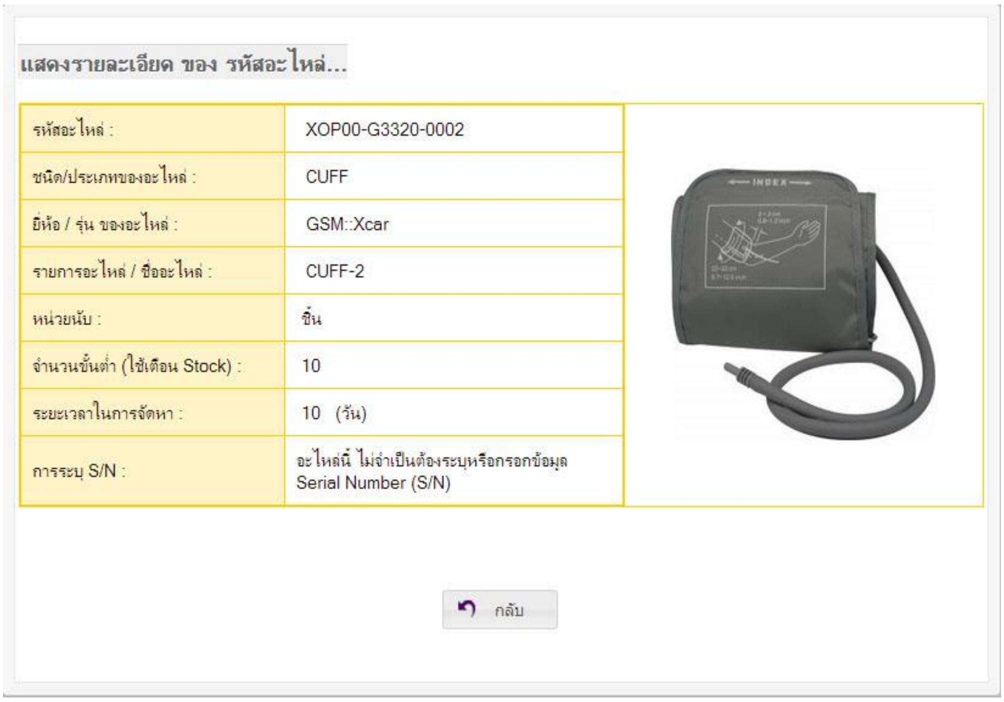


รูปที่ 8 หน้าจอทำรายการส่งเครื่องซ่อม

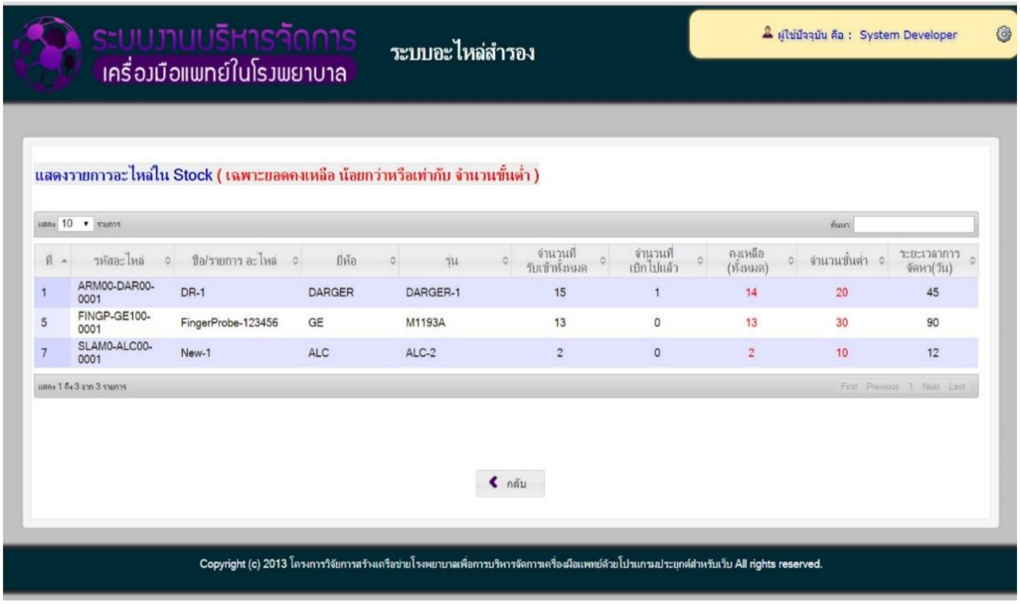


รูปที่ 9 หน้าจอติดตามรายการส่งเครื่องซ่อม

3. ระบบงานอะไหล่สำรอง ใช้สำหรับบริหารคลังอะไหล่สำรอง โดยสามารถแจ้งเตือนเมื่อปริมาณอะไหล่ใกล้หมด (ผู้ใช้สามารถตั้งได้เอง) สามารถเบิกอะไหล่ได้จากระบบงานซ่อมบำรุงโดยตรง



รูปที่ 10 หน้าจอแสดงรายละเอียดของอะไหล่



ระบบงานบริหารจัดการ เครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาล
ระบบอะไหล่สำรอง
ผู้ใช้ปัจจุบัน คือ : System Developer

แสดงรายการอะไหล่ใน Stock (เฉพาะยอดคงเหลือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ จำนวนขั้นต่ำ)

แสดง 10 รายการ ค้นหา:

ที่	รหัสอะไหล่	ชื่อ/รายการ อะไหล่	ยี่ห้อ	รุ่น	จำนวนที่รับเข้าทั้งหมด	จำนวนที่เบิกไปแล้ว	คงเหลือ (ทั้งหมด)	จำนวนขั้นต่ำ	ระยะเวลาการจัดหา(วัน)
1	ARM00-DAR00-0001	DR-1	DARGER	DARGER-1	15	1	14	20	45
5	FINGP-GE100-0001	FingerProbe-123456	GE	M1193A	13	0	13	30	90
7	SLAM0-ALC00-0001	New-1	ALC	ALC-2	2	0	2	10	12

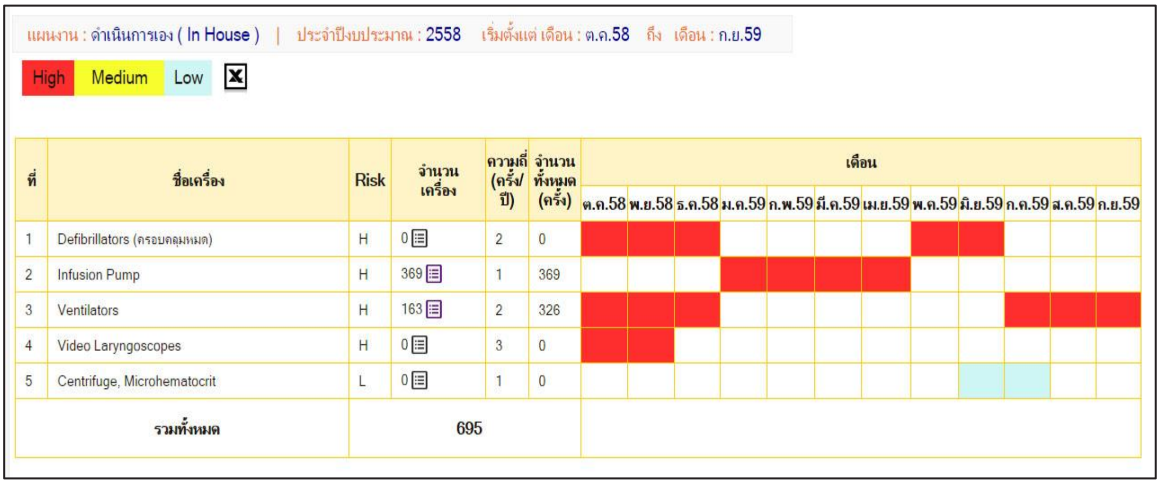
แสดง 1 ถึง 3 จาก 3 รายการ First Previous 1 Next Last

กลับ

Copyright (c) 2013 โครงการวิจัยการสร้างเครือข่ายโรงพยาบาลเพื่อการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ด้วยโปรแกรมประยุกต์สำหรับเว็บ All rights reserved.

รูปที่ 11 หน้าจอแสดงรายการไหล่

4. ระบบงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและเทียบมาตรฐาน ใช้สร้างแผนการบำรุงรักษาประจำปีโดยสามารถสร้างแผนได้ 3 แบบ คือ แผนในประกัน แผนดำเนินการเอง และ แผนบำรุงรักษาโดยบริษัทภายนอก และสามารถบันทึกผลการบำรุงรักษาได้



แผนงาน : ดำเนินการเอง (In House) | ประจำปีงบประมาณ : 2558 เริ่มตั้งแต่ เดือน : ต.ค.58 ถึง เดือน : ก.ย.59

High Medium Low

ที่	ชื่อเครื่อง	Risk	จำนวนเครื่อง	ความถี่ (ครั้ง/ปี)	จำนวนทั้งหมด (ครั้ง)	เดือน											
						ต.ค.58	พ.ย.58	ธ.ค.58	ม.ค.59	ก.พ.59	มี.ค.59	เม.ย.59	พ.ค.59	มิ.ย.59	ก.ค.59	ส.ค.59	ก.ย.59
1	Defibrillators (ครอบคลุมหมด)	H	0	2	0												
2	Infusion Pump	H	369	1	369												
3	Ventilators	H	163	2	326												
4	Video Laryngoscopes	H	0	3	0												
5	Centrifuge, Microhematocrit	L	0	1	0												
รวมทั้งหมด		695															

รูปที่ 12 หน้าจอแสดงแผนงานการบำรุงรักษา

5. ระบบงานสำรอง จอง ยืม คืน เหมาะสำหรับโรงพยาบาลที่ตั้ง ศูนย์เครื่องมือแพทย์กลาง มีลักษณะการทำงานเป็นบริการยืม-คืน เครื่องมือแพทย์ในศูนย์เครื่องมือแพทย์กลาง โดยในส่วนการยืมเครื่องช่วยหายใจนั้นสามารถตั้งค่าการแจ้งเตือนการครบกำหนดเปลี่ยน Breathing circuit ได้ และเมื่อระบบฯ ตรวจพบว่ามีเครื่องมือแพทย์ไม่พอให้ยืมใช้งาร ผู้ขอยืมจะสามารถทำการจองเครื่องไว้ในระบบฯ ได้ ดังนั้นในระบบนี้จึงสามารถตรวจสอบความพอเพียงของเครื่องมือแพทย์ได้อย่างง่ายดาย

รายการเครื่องมือแพทย์-พร้อมให้ยืม...

ชนิดครุภัณฑ์	จำนวนเครื่องทั้งหมด (แยกตามชนิด)	คิวจอง	พร้อมให้ยืม (รอการอนุมัติให้ยืม)	ถูกยืมไปแล้ว	ชำรุดระหว่างยืม
Automatic Dialyzer Reprocessing System	1	-	1	-	-
Electrical Patient Bed	1	-	1	-	-
Electrocardiograph	3	1	-	2	1
Hyper - Hypothermia Unit	1	-	-	1	-
Infusion Pump	4	-	2	1	1
Oxygen Flow Meter ,pipeline	1	-	1	-	-
Sphygmomanometer	5	-	5	-	-
Syringe Pump	1	-	-	1	-
Ventilators	85	-	81	3	1
Ventilators, Bipap	3	-	3	-	-
รวมทั้งหมด	105	1	94	8	3

*** ในส่วนของรายการ พร้อมให้ยืม นั้นตัวเลขที่อยู่ในวงเล็บ คือ รายการขอยืมที่รอการอนุมัติให้ยืม

คลิกที่ ชนิดครุภัณฑ์ ที่ต้องการ : เพื่อแสดงรายการเครื่องที่พร้อมให้ยืม...

รูปที่ 13 หน้าจอแสดงรายการเครื่องมือแพทย์ในโมดูลยืมคืน

6. ระบบงานนำเข้าข้อมูลเครื่องมือแพทย์ ในโมดูลนี้แบ่งออกเป็น

1) ส่วนการนำเข้า (Import)ข้อมูลด้วยไฟล์ MS Excel ใช้นำเข้าข้อมูลรายการเครื่องมือแพทย์ผ่านไฟล์ MS Excel ซึ่งจะอำนวยความสะดวกให้โรงพยาบาลที่มีการบันทึกรายการเครื่องมือแพทย์ไว้ในไฟล์ Excel แล้วสามารถนำเข้ารายการเครื่องมือแพทย์ทั้งหมดลงในระบบสารสนเทศ WepMEt ได้เลย

2) ส่วนการส่งออก (Export) ข้อมูลรายการเครื่องมือแพทย์จากโปรแกรม RMC2012 ซึ่งส่วนนี้จะดึงข้อมูลออกมาเก็ยไว้ในรูปแบบไฟล์ MS Excel

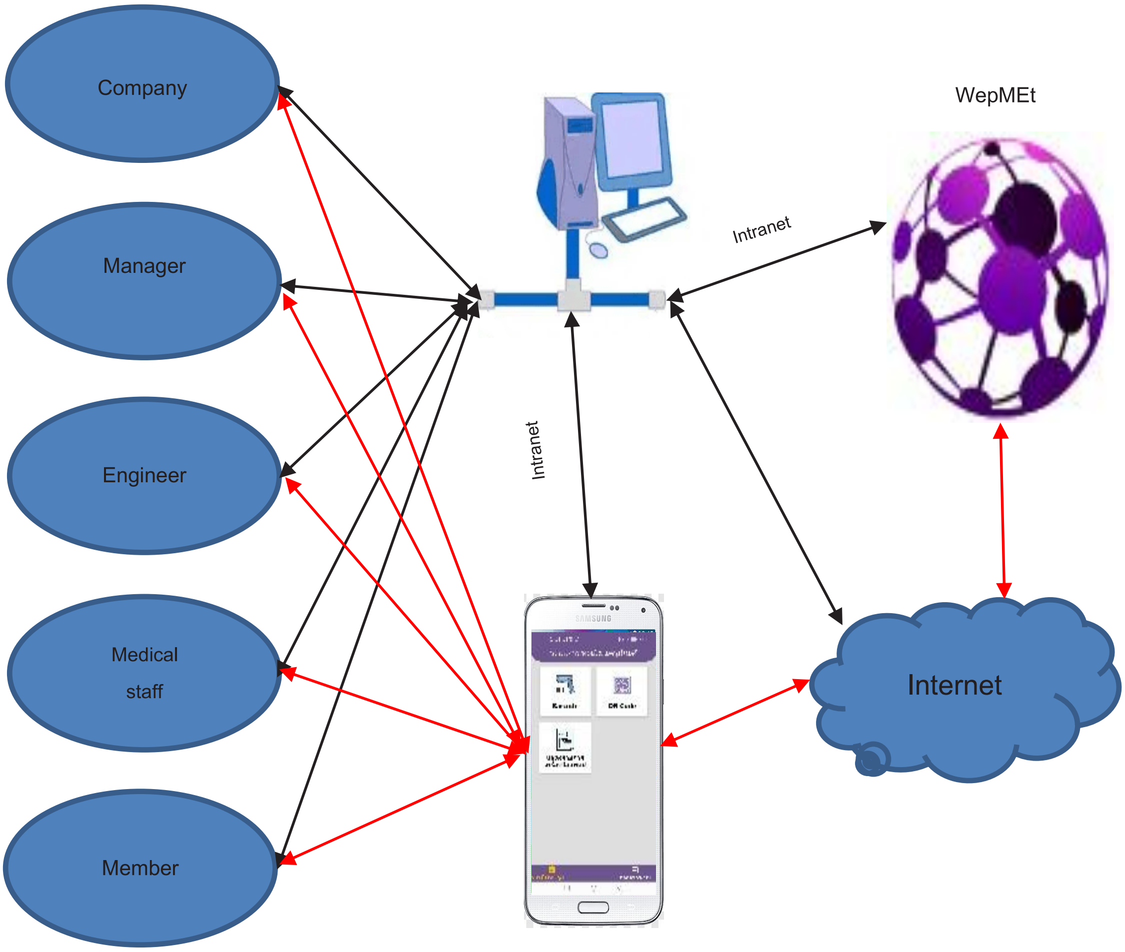
3) ส่วนการแสดงข้อมูลอะไหล่และงานซ่อมจากโปรแกรม RMC2012 โดยจะแสดงเฉพาะข้อมูลที่บันทึกไว้เท่านั้นไม่สามารถ Export ออกมาได้

7. ระบบงานสรุปและรายงานผล ทำหน้าที่แสดงรายงานสรุปของแต่ละระบบงานย่อยในรูปแบบสารสนเทศสำหรับผู้บริหาร มีทั้งหมดประมาณ 70 รายงาน

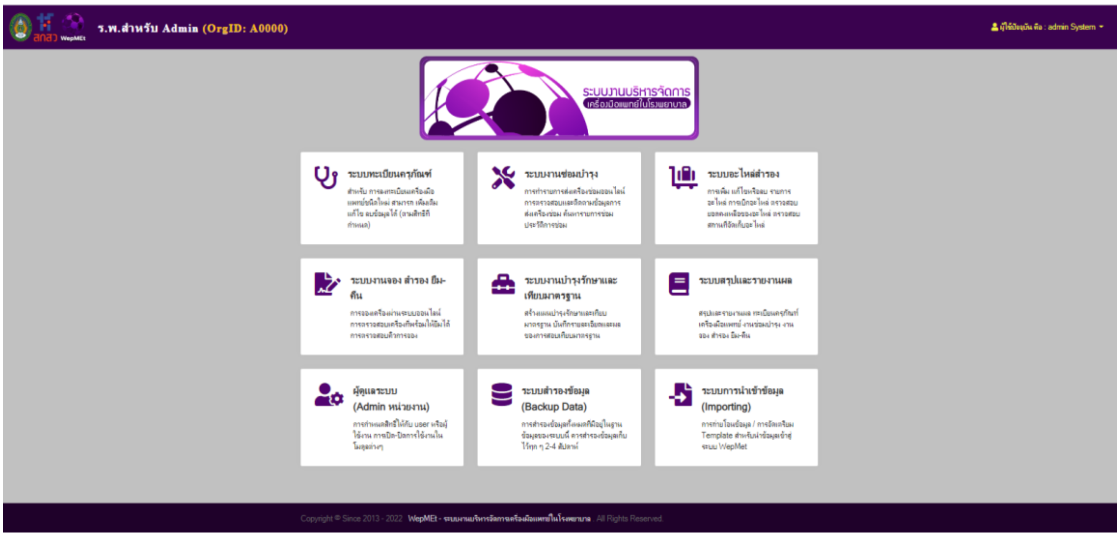
8. ระบบงานผู้ดูแลระบบ ใช้สำหรับบริหารผู้ใช้งานในระบบ กำหนดสิทธิการเข้าใช้งานระบบของผู้ใช้งานตามตำแหน่งงานหรือแยกตามผู้ใช้งาน

9. ระบบสำรองข้อมูล ใช้สำหรับสำรองข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล โดยจะได้ไฟล์นามสกุล sql มาเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์

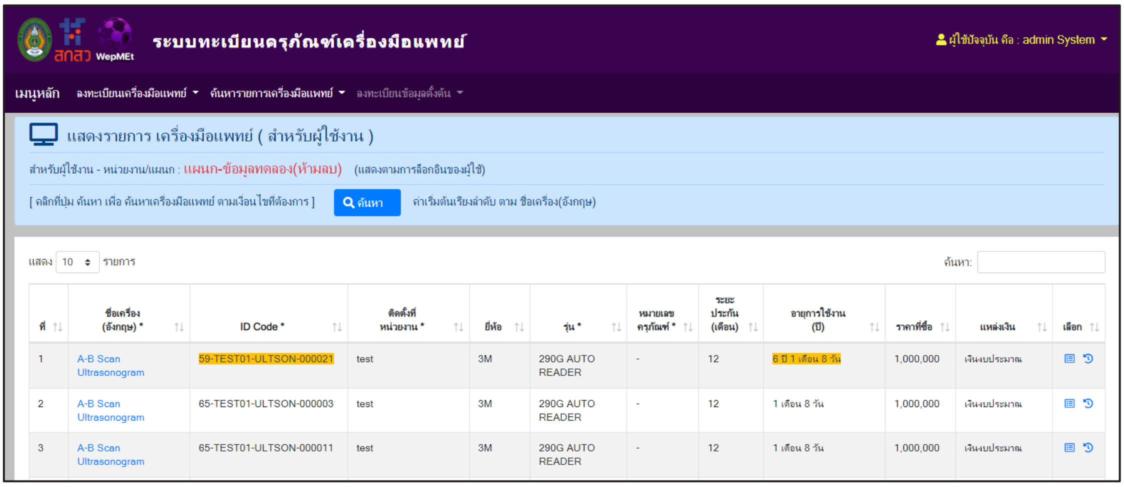
ภายหลังการเผยแพร่ผลงานวิจัยและการเก็บข้อมูลป้อนกลับ พบว่าระบบสารสนเทศ WepMEt ยังมีจุดที่ควรแก้ไขเพื่อให้การทำงานนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งจากการปรับเปลี่ยนไปอย่างมากของเทคโนโลยี คณะผู้วิจัยจึงดำเนินการพัฒนา ระบบสารสนเทศ WepMEt Version 2 ขึ้น โดยในปี พ.ศ. 2563 ถึงปัจจุบัน ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจาก สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) เพื่อดำเนินการพัฒนาต่อยอดอย่างต่อเนื่อง โดยใช้ php V 7.011 และ mySql V 5.7.15 และปรับรูปแบบการแสดงผลด้วยเทคโนโลยี Responsive โดยพัฒนาบนกระบวนการทำงานเดิมแต่ปรับแก้ไขและเพิ่มเติมให้ทำงานได้สมบูรณ์ขึ้นตามคำแนะนำของผู้ใช้งาน และได้พัฒนาโปรแกรมในส่วน Mobile application เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในส่วน Mobile application จะเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล WepMEt ของเฉพาะโรงพยาบาลตนเองเท่านั้น ซึ่งคาดว่าจะสามารถเผยแพร่ให้นำไปใช้งานได้ภายในสิ้นปี 2565 นี้



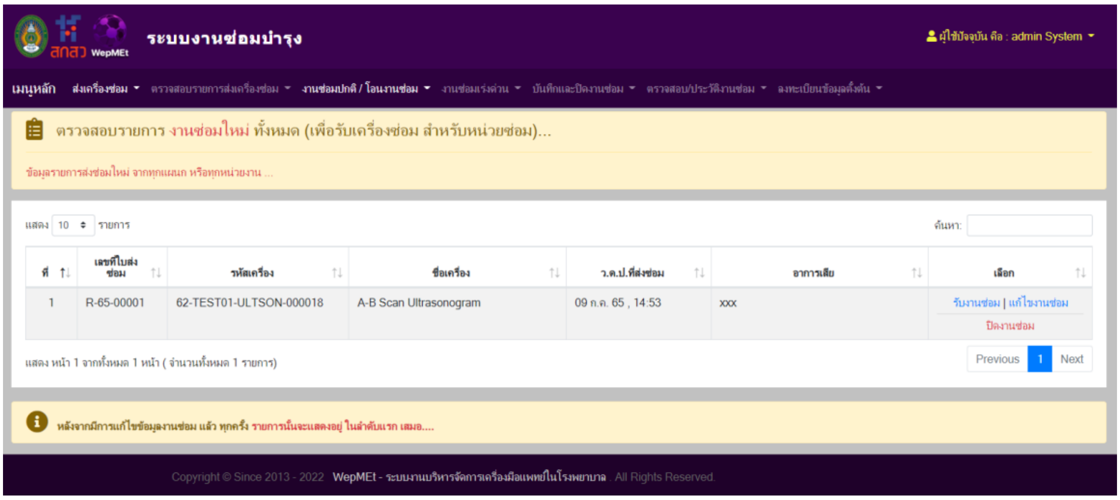
รูปที่ 14 โครงสร้างทางระบบเครือข่ายของระบบสารสนเทศ WEpMEt Version 2



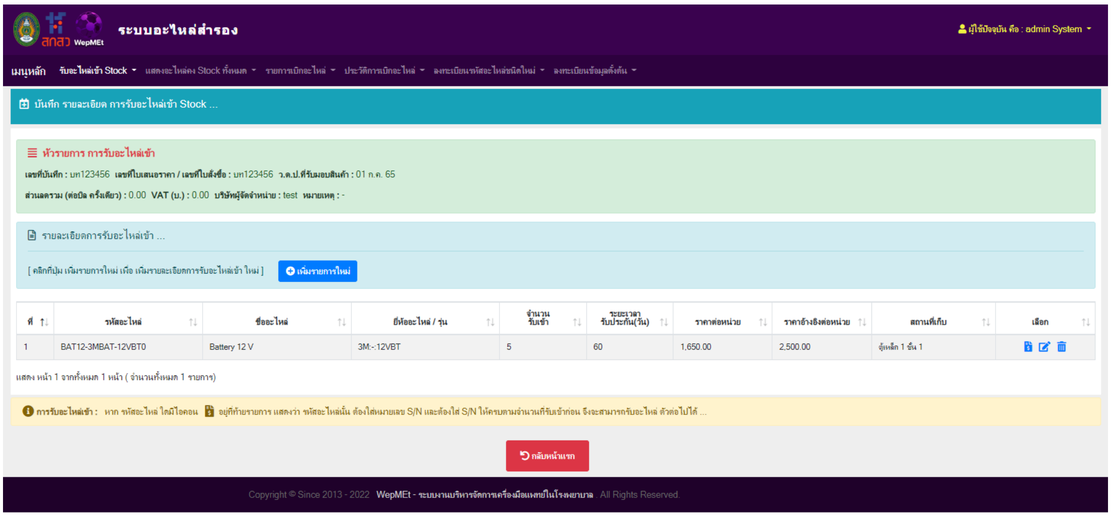
รูปที่ 15 หน้าจอหลักของระบบสารสนเทศ WEpMEt Version 2



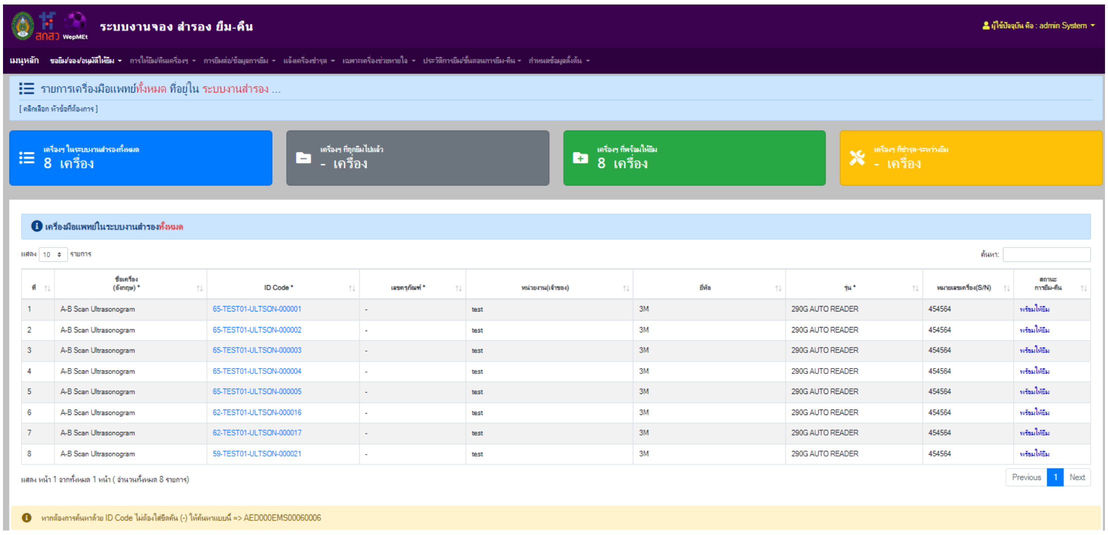
รูปที่ 16 หน้าจอแสดงรายการเครื่องมือแพทย์



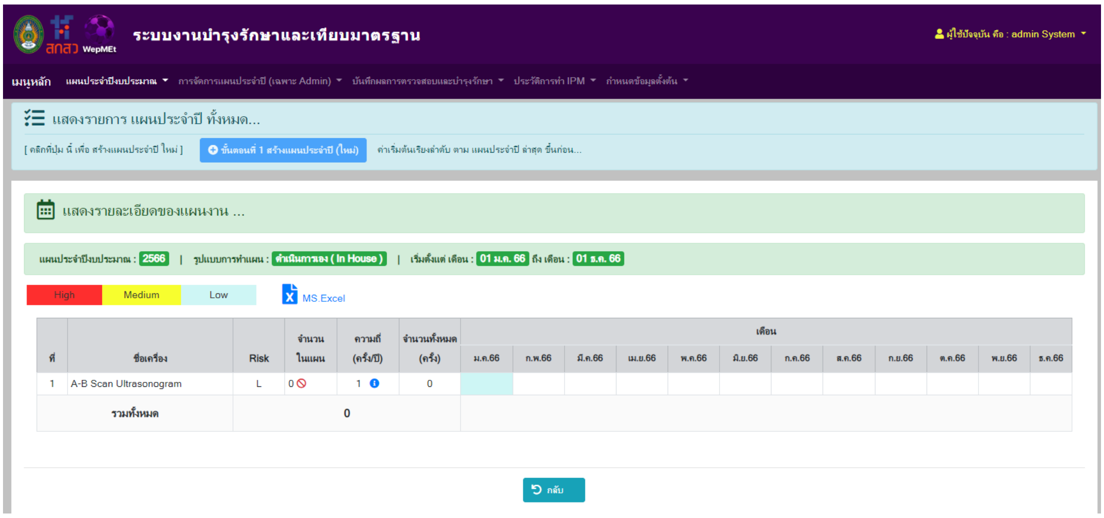
รูปที่ 17 หน้าจอตรวจสอบรายการส่งเครื่องซ่อม



รูปที่ 18 หน้าจอทำรายการรับอะไหล่เข้าคลัง



รูปที่ 19 หน้าจอแสดงรายการเครื่องมือแพทย์ในระบบสำรอง



รูปที่ 20 หน้าจอแสดงแผนการบำรุงรักษา

สรุป

ระบบสารสนเทศ WepMEt ถูกพัฒนาขึ้นตามแนวทางการประกันคุณภาพมาตรฐานโรงพยาบาล เพื่อใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ในโรงพยาบาลโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อที่จะให้โรงพยาบาลมีระบบฐานข้อมูลไว้ใช้งานเป็นของตนเอง เพื่อใช้เก็บข้อมูลสำคัญในงานบริหารจัดการได้อย่างต่อเนื่องและสามารถนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อพัฒนาตนเองได้อย่างเหมาะสมตามแนวทางการประกันคุณภาพมาตรฐานโรงพยาบาล ดังนั้นจึงเลือกใช้เครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมตามแนวทาง Open source software เพื่อให้เกิดการพัฒนาร่วมกันและแบ่งปันองค์ความรู้กันได้อย่างเหมาะสม โดยในปัจจุบันพัฒนามาถึงเวอร์ชั่นที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย Web application และ Mobile application โดยทำการปรับปรุงข้อบกพร่องต่าง ๆ ตามข้อค้นพบและคำแนะนำจากผู้ใช้งาน ดังนั้นคณะผู้วิจัยหวังว่าระบบสารสนเทศ WepMEt นี้จะถูกนำไปใช้งานอย่างต่อเนื่องและได้รับข้อมูลป้อนกลับเพื่อการพัฒนาต่อไปในอนาคต

สุดท้ายนี้ ระบบสารสนเทศ WepMEt นี้จะพัฒนามาถึงจุดนี้ไม่ได้เลยหากปราศจากบุคคลและหน่วยงานดังต่อไปนี้ ดังนั้นคณะผู้พัฒนาระบบสารสนเทศ WepMEt จึงขอขอบคุณ

1. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ปี พ.ศ. 2556 -2558
2. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ปี พ.ศ. 2560
3. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว) ที่สนับสนุนทุนการวิจัย ปี พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2565
4. รองศาสตราจารย์ ดร.ชิษณุทัศน์ บรรลือโชคชัย อาจารย์ที่ปรึกษาดุษฎีนิพนธ์ ที่ให้ความเมตตาและคำแนะนำดี ๆ มากมาย
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทร สรรพานิช ที่ให้คำปรึกษาในการพัฒนาระบบสารสนเทศ WepMEt มาจนถึงปัจจุบัน
6. คุณอาทร ประภาประไพ เพื่อน MET ที่ให้ความช่วยเหลือทุกครั้งที่ร้องขอพร้อมคำแนะนำดี ๆ มากมาย
7. คุณนิคม มหาสาร โปรแกรมเมอร์ที่ช่วยพัฒนาระบบฯ นี้มาตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน ผู้ไม่เคยปริปากบ่นแม้จะถูกรบกวนให้แก้ไขโปรแกรมยามค่ำคืน
8. คณาจารย์ทุกท่านจาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ข้าพเจ้า
9. เพื่อนผองน้องพี่ทุกท่านจาก ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยมหิดล
10. เพื่อนผองน้องพี่ทุกท่านจาก มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

โรงพยาบาลอัจฉริยะ (Smart Hospital)

อ.อนุชิต นิรภัย* อ.อนันตศักดิ์ วงศ์กำแหง
อ.รัชนี เสร์สุวรรณ์ รศ.นันทชัย ทองแป้น
วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
*Email: anuchit.ni@rsu.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการดูแลสุขภาพเป็นหนึ่งในการพัฒนาที่มีความสำคัญ หลายองค์กรมีความสนใจต้องการเป็นอย่างมากในการเปลี่ยนไปใช้ รูปแบบการจัดการที่เป็นนวัตกรรมใหม่โดยใช้เทคโนโลยีดิจิทัลบูรณาการณกับศาสตร์การแพทย์ขั้นสูง ดังนั้น โรงพยาบาลยุคใหม่จึงมีการเปลี่ยนไปใช้เทคโนโลยีดิจิตอลระบบ Smart Hospital และรูปแบบของสถาปัตยกรรมที่เหมาะสม เพื่อรองรับการแก้ไขปัญหาที่หลากหลาย สำหรับองค์กรด้านสุขภาพ ซึ่งมีงานเชิงกลยุทธ์คือ การเปลี่ยนผ่านของเทคโนโลยีดั้งเดิมไปสู่พื้นที่เทคโนโลยีดิจิทัลและเสริมสร้างจุดแข็งให้กับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ ก่อนที่จะเริ่มการพัฒนา Smart Hospital รูปแบบสถาปัตยกรรมของโรงพยาบาลที่นำไปใช้กับองค์กรด้านสุขภาพที่เฉพาะด้าน ซึ่งองค์กรต้องคำนึงถึงพื้นฐานต่างๆเช่น ข้อกำหนดทางธุรกิจ และไอทีขององค์กรที่มีขีดจำกัด การใช้งานเทคโนโลยี การสร้างสถาปัตยกรรม Smart Hospital เพื่อเป็นโซลูชั่นนำหน้าด้วยขั้นตอนการเตรียมการที่อนุญาตให้เปิดเผยไฟล์ข้อมูล สถาปัตยกรรม และข้อกำหนด ข้อจำกัด สิ่งจูงใจ บนพื้นฐานของข้อกำหนดและข้อจำกัด ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ สำหรับโมเดลสถาปัตยกรรมของ Smart Hospital นั้นเพื่อให้บุคลากรในองค์กรมีความรู้ความเข้าใจในระบบเป็นอย่างดี เพื่อนำไปสู่การเป็น Smart Hospital ที่สมบูรณ์แบบ

คำสำคัญ โรงพยาบาลอัจฉริยะ การแพทย์อัจฉริยะ

โรงพยาบาลอัจฉริยะ คือ โรงพยาบาลที่มีระบบสั่งการ ติดตาม และบันทึกผลอัตโนมัติและมีการปรับให้เหมาะสม การใช้เทคโนโลยี Internet of Things เป็นหัวใจสำคัญของโรงพยาบาลอัจฉริยะ สิ่งที่ทำให้โรงพยาบาลอัจฉริยะแตกต่างจากโรงพยาบาลเดิมคือใช้อุปกรณ์อัจฉริยะที่เชื่อมต่อระบบเครือข่าย ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการดูแลสุขภาพและปรับปรุงการดูแลผู้ป่วยในที่สุด ตามหลักการแล้วโรงพยาบาลอัจฉริยะคือสถานที่ที่สิ่งมีชีวิตที่ทำงานร่วมกัน ซึ่งช่วยให้บุคลากรทางการแพทย์สามารถให้การดูแลผู้ป่วยขั้นสูงได้

อย่างคุ้มค่าและมีอัตราความผิดพลาดต่ำซึ่งประกอบด้วยความเชื่อมโยงของข้อมูลที่จะสามารถนำมา พัฒนาต่อยอดในด้านต่าง ๆ ดังนี้

ด้านปรับปรุงการมีส่วนร่วมของผู้ป่วย

ตัวอย่างเช่น การวางหน้าจออัจฉริยะพิเศษในห้องช่วยให้ผู้ป่วยและครอบครัวสามารถตรวจสอบสถานะสุขภาพของตนเองและตัวชี้วัดด้านสุขภาพที่สำคัญที่สุดได้ ช่วยให้ผู้ป่วยมีส่วนร่วมอย่างใกล้ชิดมากขึ้นในการรักษาและปรับปรุงประสบการณ์ของผู้ป่วย

ด้านปรับปรุงการวินิจฉัย

การใช้เทคโนโลยีโรงพยาบาลอัจฉริยะแพทย์สามารถใช้ข้อมูลที่ได้รับการปรับปรุงเพื่อช่วยในการวินิจฉัยที่ถูกต้องเพื่อนำไปสู่การหาแนวทางประกอบการรักษาที่ดีที่สุดในขณะที่ซอฟต์แวร์สามารถช่วยทำให้ลดขั้นตอนการทำงานที่ซับซ้อนที่สุดเป็นไปโดยอัตโนมัติในโรงพยาบาลอัจฉริยะ

ด้านกระบวนการทำงานที่ดีขึ้น

ในด้านของการบริการและประสิทธิภาพโดยรวมเทคโนโลยีมือถือและ Internet of Things สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของทีมและจัดหาเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการติดตามและแก้ไขปัญหาในขั้นตอนการทำงาน

ด้านการใช้ประโยชน์จากการวิเคราะห์ข้อมูล

ระบบของโรงพยาบาลอัจฉริยะสามารถใช้ข้อมูลที่ได้จากอุปกรณ์ต่างๆนี้เพื่อเรียนรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับผู้ป่วยพฤติกรรมและความเป็นอยู่ของพวกเขา ในอนาคตสามารถใช้ข้อมูลดังกล่าวในการสนับสนุนข้อมูลการทำงานของทีมมีประสิทธิภาพมากขึ้นและผู้รับบริการมีความพึงพอใจสูงสุด

ด้านให้การดูแลผู้ป่วยทางไกล

การใช้อุปกรณ์อัจฉริยะในการการดูแลผู้ป่วยทางไกลจะช่วยให้สามารถติดตามสถานะของผู้ป่วยได้ ตัวอย่างเช่น การสังเกตติดตามอาการจากค่าสัญญาณชีพได้อย่างรวดเร็วและสามารถแจ้งให้แพทย์ได้ทันทีเพื่อประกอบวางแผนการดูแลแบบเร่งด่วนและอย่างต่อเนื่องลดการใช้พื้นที่อย่างแออัดในสถานพยาบาล

ด้านความปลอดภัยของผู้ป่วยที่เพิ่มขึ้น

การใช้การวิเคราะห์ข้อมูลไบโอเมตริกซ์แบบเรียลไทม์สามารถช่วยชีวิตผู้ป่วยของคุณได้เช่นผู้ที่เชื่อมต่อกับเครื่องช่วยชีวิต หากระบบบันทึกว่าผู้ป่วยอยู่ในภาวะวิกฤตระบบจะแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทางการแพทย์ที่ใกล้ที่สุดเข้ามาช่วยเหลือ

ระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะประกอบด้วยฟังก์ชั่น การตรวจจับการสั่งงาน และการควบคุมเพื่อเป็นตัวแทนวิเคราะห์สถานการณ์ และตัดสินใจโดยอาศัยข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ในการคาดการณ์หรือลักษณะการปรับตัวจึงดำเนินการอย่างชาญฉลาด ในความเป็นจริงระบบการรักษาพยาบาล คือองค์กรของผู้คนสถาบันและทรัพยากรที่ให้บริการด้านการดูแลสุขภาพเพื่อตอบสนองความต้องการด้านสุขภาพของประชากรเป้าหมายจากความก้าวหน้าในการดูแลสุขภาพการรับรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพกำลังเปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว สำหรับระบบโรงพยาบาลมาตรฐานที่มีอยู่มีปัญหาหลักหลายประการที่ขัดขวางระบบอัตโนมัติ เช่นจุดข้อมูลคงที่หรือเครือข่ายที่ไม่ยืดหยุ่น การปรับปรุงขั้นตอนการรับบริการของผู้ป่วยเป็นวิธีการปรับแต่งบริการด้านสุขภาพในความเป็นจริงเพื่อให้ผู้ป่วยได้รับการบริการที่ดีขึ้น สามารถปรับปรุงคุณภาพของบริการ และการใช้ทรัพยากรสภาพแวดล้อมที่ชาญฉลาดสามารถอำนวยความสะดวก นโยบายการจัดตารางเวลา และการใช้ทรัพยากรด้านการดูแลสุขภาพ ในการพัฒนาโรงพยาบาลอัจฉริยะจำเป็นต้องคำนึกงถึง โครงสร้างพื้นฐานของระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะ ความต้องการเทคโนโลยีสำหรับระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะ วิธีการสำหรับการวิเคราะห์ระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะและวิธีการเพื่อหาแรงจูงใจที่ให้บุคลากรและการทำงานในอนาคต

ความต้องการสำหรับเทคโนโลยีสำหรับระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะ เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากทุกบุคคล และเทคโนโลยีสารสนเทศ มีบทบาทสำคัญในการให้การบริหารสุขภาพที่ดีขึ้น ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีจำนวนมาก ไม่ว่าจะเป็น Internet of Things (IoT) มีจุดมุ่งหมายเพื่อเชื่อมต่อทุกสิ่งเข้ากับอินเทอร์เน็ตจึงมีผู้ใช้หลายพันล้านคน มีเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับสิ่งต่าง ๆ เพื่อเข้าถึงข้อมูล และเชื่อมต่อสิ่งเหล่านี้กับอินเทอร์เน็ต ดังนั้น ข้อมูลที่ได้รับจากเซ็นเซอร์เหล่านี้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องการการจัดการข้อมูลขนาดใหญ่นี้ อุปกรณ์ส่วนตัวเข้ากับฐานข้อมูลส่วนกลาง เนื่องจากความนิยมในเทคโนโลยี และโลกอินเทอร์เน็ต IoT จึงเพิ่มขึ้นในทุกสาขาชีวิตและอื่น ๆ ใน ในระบบสุขภาพก็เช่นกัน การจัดแผนขั้นตอนสำหรับวัตถุประสงค์ที่เสนอโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะ และกำหนดเวลาสำหรับแต่ละรายการหรือการดำเนินการที่จำเป็นเพื่อให้เสร็จสมบูรณ์ ในความเป็นจริงนโยบายสามารถสร้างขึ้นในสภาพแวดล้อมของโรงพยาบาลที่ชาญฉลาดผ่านเซ็นเซอร์ไร้สาย เครือข่ายและระบบการดูแลสุขภาพที่ชาญฉลาด แนวคิดการตรวจสอบและการกำกับดูแลก็มีความสำคัญเช่นกัน การจัดลำดับชั้นของระบบโรงพยาบาลอัจฉริยะ การกำกับดูแลเพิ่มประสิทธิภาพ การทำงานและความปลอดภัย การตรวจสอบใช้เพื่อตรวจจับความผิดปกติโดยไม่จำเป็นต้องทำโดยตรงบนระบบ ในกรณีนี้เป็นการให้ความช่วยเหลือสำหรับผู้ปฏิบัติงานที่เป็นมนุษย์เป็นให้มีการตอบสนองงานได้ดีขึ้น การติดตามและรวบรวมสัญญาณชีพอย่างต่อเนื่องมีความสำคัญต่อการรักษาผู้ป่วยวิกฤตในโรงพยาบาล ในความเป็นจริงการเฝ้าระวังคือการตรวจสอบพฤติกรรม กิจกรรมหรือข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงอื่น ๆ เพื่อจุดประสงค์ในการมีอิทธิพล

จัดการกำกับ หรือปกป้องผู้คน รวมทั้งการนำการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data) ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และ Blockchain มาใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกสบายให้กับบุคลากรทางการแพทย์

การพัฒนาโรงพยาบาลอัจฉริยะจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลองค์รวมขององค์กรเพื่อให้ระบบต่าง ๆ ที่พัฒนาขึ้นให้มีความสอดคล้องและลดความซ้ำซ้อนในการทำงาน กระบวนการทำงานในองค์กรมีความจำเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นกระบวนการการให้บริการในแผนกต่าง ๆ ในโรงพยาบาล และการทำงานส่วนสนับสนุนจำเป็นต้องมีการบูรณาการเข้าด้วยกัน รวมทั้งระบบเทคโนโลยีสารสนเทศในองค์กรในปัจจุบันว่ามีความเหมาะสมสำหรับการพัฒนาโรงพยาบาลอัจฉริยะ จากการวิเคราะห์ภาพรวมขององค์กร ภาพรวมของแผนกต่าง ๆ รวมทั้งเทคโนโลยีที่มีในองค์กรว่ามีความเหมาะสมเพียงใด จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความต้องการในการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้โรงพยาบาลพัฒนาไปยังโรงพยาบาลอัจฉริยะ ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีต่าง ๆ มากมายขึ้นอยู่กับการใช้งาน ไม่ว่าจะเป็น IoT Bigdata Blockchain และ AI เข้ามาประยุกต์ใช้เช่น การนำเทคโนโลยี IoT มาใช้เพื่อการจัดเก็บข้อมูลผู้ป่วย ติดตามผู้ป่วย เป็นต้น การเลือกใช้เทคโนโลยีสำหรับโรงพยาบาลอัจฉริยะมีความสำคัญเป็นอย่างมาก

ตัวอย่างการพัฒนาเป็นโรงพยาบาลอัจฉริยะ

1. ติดตั้งอุปกรณ์ทางการแพทย์บนเครือข่าย

เห็นได้ชัดว่าเครือข่ายของอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อคือระบบไหลเวียนโลหิตของโรงพยาบาลอัจฉริยะทุกแห่งดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นอุปกรณ์เคลื่อนที่ (เช่น อุปกรณ์วัดระดับน้ำตาล) และอุปกรณ์ที่สวมใส่ได้ (เช่น เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิแบบไร้สาย) สามารถรวมกันเป็นเครือข่ายเดียวเพื่อรวบรวมข้อมูลไบโอเมตริกซ์ตรวจสอบผู้ป่วยจากระยะไกลปรับปรุงการจัดการและอื่น ๆ อีกมากมาย

2. ใช้ข้อมูลขนาดใหญ่

การวิเคราะห์ขอ้มูลสามารถช่วยในกระบวนการวินิจฉัยได้โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลที่หลากหลายซึ่งจะช่วยลดความเสี่ยงจากความผิดพลาดของมนุษย์ข้อมูลสามารถช่วยทำนายการเกิดโรคต่าง ๆ ซึ่งสามารถลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะแทรกซ้อนใหม่ ๆ และลดภาระในระบบการรักษาพยาบาลของคุณ การใช้ข้อมูลอย่างมีกลยุทธ์สามารถช่วยปรับปรุงขั้นตอนการทำงานได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่นการวิเคราะห์บันทึกของโรงพยาบาลสามารถช่วยคุณปรับปรุงตารางห้องผ่าตัด ทำให้สมาชิกในทีมทำงานเป็นระเบียบและมีประสิทธิผลมากขึ้น

3. ใช้การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์

การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ช่วยให้สามารถดำเนินขั้นตอนที่ประสบความสำเร็จได้หลายร้อยขั้นตอน ซึ่งจะทำให้การทำงานเป็นทีมของคุณมีประสิทธิภาพมากขึ้นและปรับปรุงผลลัพธ์สำหรับผู้ป่วยของคุณ โรงพยาบาลหลายแห่งในปัจจุบันใช้หุ่นยนต์ในการรักษาปัญหาต่าง ๆ เช่น เนื้องอกในมดลูก มะเร็งต่อมลูกหมาก โรคหัวใจ และอื่น ๆ

4. ปรับปรุงการจัดการสุขภาพเชิงป้องกัน

การใช้เทคโนโลยีโรงพยาบาลอัจฉริยะและการพัฒนาโปรแกรมเพื่อวิเคราะห์และรักษาโรคเรื้อรังจะช่วยในการป้องกันทำให้ระบบการดูแลสุขภาพโดยรวมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลจากมุมมองในระยะยาวสิ่งนี้ยังช่วยลดภาระงานของทีม

5. ปรับปรุงการจัดการดูแลผู้ป่วยเรื้อรัง

อุปกรณ์ที่สวมใส่สามารถช่วยตรวจสอบสถานะของผู้ป่วยเรื้อรังของคุณ (เช่น ผู้ป่วยเบาหวาน หรือความดันโลหิตสูง) โดยให้คุณเก็บข้อมูลไบโอเมตริกซ์และรักษาได้อย่างมีประสิทธิภาพแม้ในระยะไกล

บทสรุป

วิธีที่ดีที่สุดวิธีหนึ่งในการทำให้โรงพยาบาลของคุณมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผลมากขึ้น คือการเปลี่ยนโรงพยาบาลให้เป็นโรงพยาบาลอัจฉริยะการใช้เครือข่ายอุปกรณ์สวมใส่ การวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ การใช้ปัญญาประดิษฐ์ การใช้ Blockchain และอุปกรณ์พกพาตลอดจนเทคโนโลยี IoT สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานปรับปรุงการมีส่วนร่วมของผู้ป่วยปรับปรุงความแม่นยำของการวินิจฉัย และเพิ่มประสิทธิภาพขั้นตอนการทำงาน ขึ้นอยู่กับความพร้อมของโรงพยาบาลแต่ละโรงพยาบาล ร่วมทั้งความปลอดภัยทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกสำหรับการพัฒนาโรงพยาบาลอัจฉริยะ

อ้างอิง

[1] L. Wang; X. Chen; J. Ding; N. Thomas; Patient Flow Scheduling and Capacity Planning in a Smart Hospital Environment, IEEE Access, 2016, Vol.4, pp. 135-148.

[2] JC Hsieh, AH Li, CC Yang. Mobile, cloud, and big data computing: contributions, challenges, and new directions in telecardiology. Int J Environ Res Public Health 10(11), 6131–53 (2013)

[3] . H. Zhang; J. Li; B. Wen; Y. Xun; J. Liu; Connecting Intelligent Things in Smart Hospitals Using NBIoT, IEEE Internet of Things Journal, 2018, Vol. 5, Issue: 3, pp.1550-1560..

[4] M. Jemal; Z. Kechaou; M. Ben Ayed; A.M. Alimi; A Multi Agent System for Hospital Organization,IJMLC 2015 Vol. 5(1): 51-56.

[5] . Z. Chaczko; C. Chiu; A.S. Kohli; V. Mahadevan; Smart Hospital Management System: an integration of enterprise level solutions utilising open group architecture framework, International Conference on Computer Science and Information Technology, Vol.5, 2010, pp. 8-15.

[6] Najeh L.; Review on Smart Hospital Management System Technologies. Research and sciences today, *2019*.

สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล
รับเลขที่ 330
วันที่ - 2 ก.พ. 2565
เวลา 15.41 น.

คณะกรรมการอำนวยการ
การจัดประชุมวิชาการ
รับเลขที่ 007
วันที่ 2 ก.พ. 65
เวลา 15.00 น.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์
สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล
ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
โทรศัพท์ 0 2441 9350 โทรสาร 0 2441 0193

ที่ อว 78.222/ 007

วันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2565

เรื่อง ขออนุมัติจัดประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 และขออนุมัติในหลักการค่าใช้จ่ายในการจัดประชุม

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล
(ผ่าน ประธานคณะกรรมการอำนวยการการจัดประชุมทางวิชาการ)

ด้วย ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล ร่วมกับ สมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย กำหนดการจัดประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 **เรื่อง โรงพยาบาลอัจฉริยะและความมั่นคงด้านสุขภาพ (Smart Hospital and Health Security)** ในวันที่ 8–9 สิงหาคม 2565 เวลา 09.00–16.00 น. ณ ห้องอมรินทร์ โรงแรม เอส ดี อเวนิว ถนนบรมราชชนนี กรุงเทพมหานคร สำหรับผู้บริหารโรงพยาบาล แพทย์ พยาบาล นักอุปกรณ์ชีวการแพทย์ นักเทคนิคการแพทย์ นักกายภาพบำบัด วิศวกรชีวการแพทย์ นักวิทยาศาสตร์ ช่างอุปกรณ์การแพทย์ ตลอดจนบุคลากรทางการแพทย์ และผู้ที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อเผยแพร่วิชาการด้านเทคโนโลยีทางการแพทย์

สำหรับการจัดประชุมครั้งนี้ มีค่าใช้จ่ายในการลงทะเบียน รายละ 2,000 บาท (สองพันบาทถ้วน) รับสมัครจำนวน 80–100 ราย ดังรายละเอียดตามโครงการฯ ที่แนบมาพร้อมกันนี้ สำหรับผู้เข้าร่วมประชุมที่เป็นข้าราชการหรือพนักงานรัฐวิสาหกิจ สามารถเข้าร่วมการประชุมครั้งนี้ได้โดยไม่ถือเป็นวันลาและมีสิทธิเบิกค่าลงทะเบียนและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ จากต้นสังกัดตามระเบียบกระทรวงการคลัง หลังจากได้รับอนุมัติจากผู้บังคับบัญชาแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติการจัดประชุม และอนุมัติในหลักการค่าใช้จ่ายในการจัดงานดังกล่าวด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันฯ (ผ่านประธาน MB MICE)
- เพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติจัดประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 และอนุมัติในหลักการค่าใช้จ่าย ฯ ตามมติที่ประชุม MB MICE ครั้งที่ 2/2565 ใน วันอังคาร ที่ 8 กุมภาพันธ์ 2565 ในวาระที่ 4.3

Digitally signed by narisra.kom
Date: 2022.02.01 13:41:05 +07'00'

(อาจารย์ ดร.นริศรา โกมลวรรธนะ)
หัวหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์

อนุมัติ
นริศรา
10.2.65

ผู้ประสานงาน: นางพิมลพัตร์ บรรลือโชคชัย
E-mail: pimolpatra.bun@mahidol.ac.th
โทรศัพท์ 09 2796 8459

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

กำหนดการประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32
เรื่อง โรงพยาบาลอัจฉริยะและความมั่นคงด้านสุขภาพ
(Smart Hospital and Health Security)
วันที่ 8-9 สิงหาคม พ.ศ. 2565
ณ ห้องอมรินทร์ โรงแรม เอส ดี อเวนิว ถนนบรมราชชนนี กรุงเทพมหานคร

วัน/เวลา วันจันทร์ที่ 8 สิงหาคม 2565	หัวข้อการบรรยาย
07.30–08.45 น.	ลงทะเบียน
08.45–09.00 น.	พิธีเปิดงานประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32 โดย...พลตำรวจโทหญิง สุวัฒนา โภคสวัสดิ์ ประธานที่ปรึกษาสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย
ประธานการประชุมภาคเช้า	**พลตำรวจโทหญิง สุวัฒนา โภคสวัสดิ์**
เลขานุการการประชุมภาคเช้า	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ ขจรปรีดานนท์**
09.00–10.00 น.	ปาฐกถาศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์ชูศักดิ์ เวชแพศย์ เรื่อง Marching through the Long Critical Pandemic - รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ไชยรัตน์ เพิ่มพิกุล ภาควิชาอายุรศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
10.00–10.30 น.	อาหารว่างและชมการแสดงเครื่องมือแพทย์
10.30–12.00 น.	Medical IoT : ระบบ Smart OPD/Smart IPD/Smart ER/Smart OR - รองศาสตราจารย์นันทชัย ทองแป้น คณบดี วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต - อาจารย์อนุชิต นิรภัย รองคณบดีฝ่ายเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต - อาจารย์อนันตศักดิ์ วงศ์กำแหง รองคณบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต - คุณพริษฐ์ อารียหทัยรัตน์ กรรมการผู้จัดการบริษัท เอช เมด พลัส จำกัด
12.00–13.00 น.	อาหารกลางวัน

หน้า 1 จาก 2

วัน/เวลา	หัวข้อการบรรยาย
วันจันทร์ที่ 8 สิงหาคม 2565	
ประธานการประชุมภาคบ่าย	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศรี ดาวฉาย**
เลขานุการการประชุมภาคบ่าย	**อาจารย์ ดร.วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์**
13.00–14.30 น.	เทคโนโลยี AI กับ Smart Hospital เทคโนโลยีสุขภาพแห่งอนาคต - รองศาสตราจารย์ ดร.สื่อจิตต์ เพ็ชร์ประสาน รองคณบดีกิตติคุณ วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต - Asst. Prof. Dr. Jamie O'Reilly อาจารย์ประจำ วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
14.30–15.00 น.	อาหารว่างและชมการแสดงเครื่องมือแพทย์
15.00–15.45 น.	Smart Ventilator - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาทร สรรพานิช ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุปกรณ์ชีวการแพทย์ สถาบันชีววิทยาศาสตร์โมเลกุล มหาวิทยาลัยมหิดล
15.45–16.45 น.	ประชุมใหญ่สามัญสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย ประจำปี 2564
วันอังคารที่ 9 สิงหาคม 2565	
ประธานการประชุมภาคเช้า	**พลตำรวจโทหญิง สุวัฒนา โภคสวัสดิ์**
เลขานุการการประชุมภาคเช้า	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ไชยณพัฒน์ อภัยวงศ์**
8.30–10.00 น.	ความปลอดภัยทางด้านไซเบอร์ - รองศาสตราจารย์ ดร.สุรนันท์ น้อยมณี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
10.00–10.30 น.	อาหารว่างและชมการแสดงเครื่องมือแพทย์
10.30–11.30 น.	การประยุกต์ใช้ Blockchain กับเทคโนโลยีสุขภาพ - รองศาสตราจารย์ ดร.เชฎฐเนติ ศรีสอ้าน รองอธิการบดีฝ่ายเทคโนโลยี และคณบดีวิทยาลัยนวัตกรรมดิจิทัลเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยรังสิต
11.30–12.30 น.	อาหารกลางวัน
ประธานการประชุมภาคบ่าย	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศรี ดาวฉาย**
เลขานุการการประชุมภาคบ่าย	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ยงยุทธ ขจรปรีดานนท์**
12.30–13.45 น.	หุ่นยนต์ทางการแพทย์และระบบขนส่งยาอัตโนมัติ - คุณอาทร ประภาประไพ บริษัท บางกอกยูนิเทรด โซลูชั่น แอนด์เซอร์วิส จำกัด
13.45–14.30 น.	ระบบสารสนเทศสำหรับช่วยบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์ (WepMEt) - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐดนัย สิงห์คลีวรรณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
14.30–15.30 น.	ระบบ Smart Hospital Engineering - อาจารย์อนุชิต นิรภัย รองคณบดีฝ่ายเทคโนโลยี วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต
หมายเหตุ อาหารว่างเสิร์ฟในระหว่างการบรรยาย	

หน้า 2 จาก 2

การพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในยุคโควิด-19

พิชญ์สิณี สุวรรณแพทย์[1,2] และ นันทชัย ทองแป้น[2,*]
[1]ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ
[2]วิทยาลัยวิศวกรรมชีวการแพทย์ มหาวิทยาลัยรังสิต ปทุมธานี
***Corresponding mail: nuntachai.t@rsu.ac.th**

บทคัดย่อ

จากสถานการณ์การระบาดครั้งใหญ่ของโลกที่เกิดจากเชื้อไวรัสโควิด-19 ที่ผ่านมา ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนของเครื่องมือแพทย์ในการรักษาผู้ป่วยวิกฤตและการป้องกันบุคลากรทางการแพทย์ สาเหตุมาจากปัจจัยหลายอย่างโดยเฉพาะการติดเชื้อในประเทศผู้ผลิตที่เป็นห่วงโซ่อุปทานระดับโลก ทำให้เครื่องมือแพทย์ที่มีอยู่อย่างจำกัดไม่เพียงพอต่อการใช้งานในขณะที่อัตราผู้ป่วยวิกฤตเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรงมากยิ่งขึ้น ในประเทศไทย ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการพึ่งพาตนเอง จึงสนับสนุนแพลตฟอร์มกระบะทรายนวัตกรรมเครื่องมือแพทย์เพื่อส่งเสริมงานวิจัยและธุรกิจเกิดใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในการพัฒนาประเทศในยุคหลังโควิด-19 โดยหาแนวทางผ่อนปรนกฎเกณฑ์และมาตรฐานเพื่อให้สามารถขับเคลื่อนการดำเนินงานต่อไปได้ ซึ่งจำเป็นต้องมีกรอบการกำกับดูแล การทดสอบที่รับรองความปลอดภัยเป็นของนวัตกรรมเครื่องมือแพทย์ใหม่อย่างชัดเจน เพื่อคุ้มครองผู้บริโภคและป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น ตลอดจนการประเมินความคุ้มค่าและผลกระทบต่อผู้ใช้งาน ในบทความนี้จึงนำเสนอ เบื้องหลังการผลิตเครื่องมือแพทย์ กฎหมาย พระราชบัญญัติเครื่องมือแพทย์ และตัวอย่างการพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในยุคโควิด-19 แนวทางการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมเครื่องมือแพทย์เกิดใหม่ในกระบะนวัตกรรมภายใต้การกำกับดูแล กรอบมาตรฐานรับรองคุณภาพ ความปลอดภัยจนถึงมือผู้ใช้งาน มุมมองของผู้เชี่ยวชาญและมุมมองคุ้มครองผู้บริโภคผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ในอนาคต

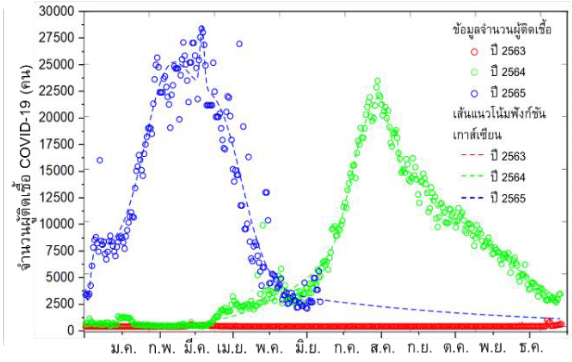
คำสำคัญ : เครื่องมือแพทย์, บุคลากรทางการแพทย์, กระบะทรายนวัตกรรม, ยุคหลังโควิด-19

1. บทนำ

กระทรวงสาธารณสุข (อนุตรา รัตน์นราทร, 2563: 118) ประกาศว่ามีผู้ติดเชื้อโรคโควิด-19 (Coronavirus disease 2019, COVID-19) รายแรกในประเทศไทย เป็นผู้หญิงชาวจีนอายุ 61 ปี ภูมิลำเนาจากเมืองอู่ฮั่น (Wuhan) เดินทางเข้าประเทศโดยสารเครื่องบินมาลงที่สนามบินสุวรรณภูมิ เมื่อวันที่ 8 มกราคม 2563 ตรวจพบว่ามีไข้สูง 38.6 องศาเซลเซียส และมีประวัติไปตลาดขายส่งอาหารทะเลฮั่วนาน (Huanan seafood wholesale market) ในวันที่ 9 มกราคม 2563 องค์การอนามัยโรค (World Health Organization, WHO) (WHO, 2020. AJMC, 2021) ประกาศเรื่องการพบผู้ป่วยที่มีภาวะปอดอักเสบ (Pneumonia) จากเมืองอู่ฮั่น ซึ่งสอดคล้องกับกรณีการป่วยของผู้หญิงชาวจีนที่พบในไทย ต่อมาใน

วันที่ 11 กุมภาพันธ์ 2563 องค์การอนามัยโลก (WHO, 2020) ได้ประกาศตั้งชื่อเชื้อไวรัสชนิดนี้ ที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็วไปทั่วโลกว่าเป็นโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (2019 Novel Coronavirus) หรือโรคโควิด-19 (COVID-19) ในวันที่ 11 มีนาคม 2563 เทดรอส อัดฮานอม เกเบรเยซุส (Tedros Adhanom Ghebreyesus) ผู้อำนวยการองค์การอนามัยโลก ประกาศให้ "โรคติดเชื้อโควิด-19 เป็นโรคระบาดใหญ่ครั้งใหญ่ของโลก (Pandemic)"

(ก)



(ข)

รูปที่ 1 แสดงการระบาดของโรคโควิด-19 (ก) แผนภาพแสดงตำแหน่งจุดสีแดงของผู้ติดเชื้อทั่วโลก (HDX, 2022) และ (ข) จำนวนผู้ติดเชื้อโควิด-19 ภายในประเทศไทยจำแนกแต่ละปี (ข้อมูล 22 ม.ค. 2563 ถึง 2 ก.ค. 2565)

ปัจจุบันถึงแม้ความรุนแรงของโรคลดลง เป็นผลจากการกลายพันธุ์ของเชื้อไวรัสเป็นสายพันธุ์โอมิครอน (Omicron) แต่มีการแพร่ระบาดและการกระจายของการติดเชื้อได้อย่างรวดเร็ว แต่อาการของโรคไม่รุนแรงคล้ายโรคหวัด หรือ ไม่แสดงอาการในบางราย อีกทั้งประชาชนส่วนใหญ่ได้รับวัคซีนครบโดส (Fully vaccinated) แล้วคิดเป็น 73.6% ของประชากรทั้งประเทศ (Bloomberg, ข้อมูลวันที่ 18 พ.ค. 2565) กระทรวงสาธารณสุขจึงมีแนวโน้มที่จะประกาศให้โรคโควิด-19 เป็นโรคประจำถิ่น (Endemic diseases) โดยใช้สิทธิการรักษาตามนโยบายรัฐสำหรับคุ้มครองผู้ป่วยฉุกเฉินวิกฤต (สลน., 2565)

จากเหตุการณ์การระบาดของโรคโควิด-19 ทำให้เห็นความสำคัญของการเข้าถึงการบริการสุขภาพ การเข้าถึงยา และ เครื่องมือแพทย์เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อต้องตกอยู่ในภาวะฉุกเฉินและมีความจำเป็นต้องใช้ในผู้ป่วยที่อยู่ในระยะวิกฤต แต่ด้วยปัจจัยหลาย ๆ ที่สำคัญก็คือ เกิดการติดเชื้อและแพร่ระบาดในประเทศผู้ผลิตที่เป็นห่วงโซ่อุปทานระดับโลก (Global supply chain) ของเครื่องมือแพทย์อย่างประเทศจีน (Ranney et al., 2020) ทำให้เกิดภาวะขาดแคลนเครื่องมือแพทย์ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนก็คือภาวะขาดแคลนเครื่องช่วยหายใจ (Ventilator) จนต้องหันมาใช้แนวปฏิบัติการช่วยหายใจชนิดไม่ใส่ท่อช่วยหายใจ (Noninvasive positive- pressure ventilation, NIPPV) แทน ทั้งที่มีข้อห้ามใช้ NIPPV สำหรับผู้ป่วยโควิด-19 รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล (Personal protective equipment, PPE) และหน้ากาก N95 สำหรับบุคลากรทางการแพทย์ในการทำหน้าที่ดูแลผู้ป่วยระยะวิกฤตที่ไม่เพียงพอ จำเป็นต้องหาวิธีการทำให้ปราศจากเชื้อเพื่อนำกลับมาใช้ซ้ำ (ผู้จัดการออนไลน์, 2563. มทส., 2563. ThaiCSSA,

2564) และบริหารจัดการเครื่องมือแพทย์รวมถึงอุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล อุปกรณ์ทางการแพทย์ วัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์ อุปกรณ์แบบใช้ครั้งเดียว โดยลำดับความสำคัญตามระยะความรุนแรงของผู้ป่วยติดเชื้อตามแนวปฏิบัติขององค์การอนามัยโลก (WHO, 2020)

ทางออกในการควบคุมและป้องกันการระบาดของโรคโควิด-19 คือ การพัฒนาวัคซีน (Sharma et al., 2020. Korang et al., 2022) ยารักษา (Kanjanasirirat et al., 2020. Shiraki et al., 2022. Oktarini et al., 2022) และเครื่องมือแพทย์ (Intawong et al., 2021. Thongpance et al., 2021. Agarwal et al., 2022) ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่าเกิดจุดเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีการดูแลสุขภาพ (Disruptive technology in healthcare) เปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตของคนทั่วไป รูปแบบการทำงานของบุคลากรทางการแพทย์ และธุรกิจการผลิตเครื่องมือแพทย์ เทคโนโลยีเกิดใหม่จึงมีแนวโน้มที่มีลักษณะ 1) ลดการสัมผัส (Contactless technology) หรือลดความเสี่ยง สามารถเก็บและส่งผ่านข้อมูลแบบไม่สัมผัส 2) สามารถใช้งาน ตรวจวัด ได้ด้วยตัวผู้ใช้เอง (Self-screening evaluation) และ 3) ประมวลผลในรูปแบบเรียลไทม์ (Realtime platform) ซึ่งเป็นความท้าทายในการวิจัย การดูแลสุขอนามัยของคนเปลี่ยนไปโทรสุขภาพ (Telehealth) หรือ การแพทย์ทางไกล (Telemedicine) เป็นการดูแลสุขภาพและการบริการทางการแพทย์ที่เข้ามามีบทบาทโดยนำแพลตฟอร์มเทคโนโลยีการสื่อสารรูปแบบต่าง ๆ มาใช้เชื่อมต่อระหว่างบุคลากรทางการแพทย์และผู้รับบริการหรือผู้ป่วย เกิดการคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ จำนวนมาก งานวิจัยและนวัตกรรมเกิดใหม่เหล่านี้ ทั้งเทคโนโลยีเครื่องมือแพทย์ และอุปกรณ์การแพทย์ที่ผลิตขึ้นภายในประเทศ บทความนี้จึงต้องการนำเสนอในแง่ของความสำคัญของเบื้องหลังการผลิตเครื่องมือแพทย์ และสถานการณ์เครื่องมือแพทย์ในปัจจุบันในยุคการระบาดของโรคโควิด-19 นวัตกรรมเครื่องมือแพทย์เกิดใหม่ที่อยู่ในกระบะนวัตกรรม กรอบมาตรฐานรับรองคุณภาพ ตลอดจนมุมมองของผู้เชี่ยวชาญ และมุมมองคุ้มครองผู้บริโภค เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

2. การควบคุมกำกับดูแลเครื่องมือแพทย์

2.1 ความหมายของเครื่องมือแพทย์และการควบคุมกำกับดูแลเครื่องมือแพทย์

เครื่องมือแพทย์และการควบคุมเป็นไปตามพระราชบัญญัติ (พ.ร.บ.) เครื่องมือแพทย์ ฉบับที่ 2 เมื่อวันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2562 (กองควบคุมเครื่องมือแพทย์, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.), โดยมีรายละเอียดโดยสรุปของกระบวนการควบคุมกำกับดูแลเครื่องมือแพทย์ดังรูปที่ 2

รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการจัดกลุ่มเครื่องมือแพทย์และเครื่องมือแพทย์

2.2 เบื้องหลังการพัฒนาและผลิตเครื่องมือแพทย์

นันทชัย ทองแป้นและคณะ (2564) รายงานว่า การเปรียบเทียบมูลค่าทางการตลาดของการนำเข้าและส่งออกของอุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ในช่วงปี 2562–2564 ของประเทศไทย ซึ่งเป็นช่วงที่ประเทศไทยเข้าสู่ยุคโควิด-19 ประเทศไทยต้องตกอยู่ในสภาวะขาดแคลนเครื่องมือแพทย์และทรัพยากรในการผลิตอย่างหนัก มีความจำเป็นต้องใช้งานสูงสวนทางกับปริมาณที่มีอยู่ อีกทั้งเกิดการติดเชื้อในประเทศผู้ผลิตที่เป็นห่วงโซ่อุปทานระดับโลก จึงเกิดความไม่เพียงพอ ความต้องการทางด้านการดูแลสุขภาพและ ปัจจัยการเจ็บป่วยจากโรคต่าง ๆ ที่มีแนวโน้มสูงขึ้น การเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ อัตราการเพิ่มขึ้นของโรคหัวใจ โรคหลอดเลือดสมอง โรคมะเร็ง และโรคเบาหวาน อัตราผู้ป่วยต่างชาติเข้ามารับการรักษาและการบริการทางการแพทย์ในประเทศไทยสูงขึ้น ปัจจัยวิกฤตเหล่านี้ กลับกลายเป็นสิ่งที่ผลักดันทำให้มีความต้องการใช้เครื่องมือแพทย์สำหรับการคัดกรอง ตรวจวินิจฉัย และติดตามโรคที่ทันสมัยและใช้เทคโนโลยีขั้นสูงมากขึ้น มี 3 กลุ่มอุตสาหกรรมหลักทางด้านเครื่องมือแพทย์ ได้แก่ กลุ่มครุภัณฑ์เครื่องมือแพทย์ (Durable medical equipment) กลุ่มวัสดุสิ้นเปลืองทางการแพทย์ (Medical disposable materials) และกลุ่มน้ำยาและชุดตรวจวินิจฉัยโรค (Reagents and test kits) ที่กลับมีมูลค่าทางการตลาดที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว
โดยเฉพาะกลุ่มวัสดุสิ้นเปลือง

รูปที่ 3 แผนภาพแสดงขั้นตอนการขึ้นทะเบียนเครื่องมือแพทย์

ทางการแพทย์ หรือ ใช้แล้วทิ้ง โดยเครื่องมือแพทย์ในกลุ่มที่ต้องจดแจ้ง แจ้งรายการละเอียด และขอใบอนุญาตในการผลิตหรือจำหน่ายจะอยู่ในความรับผิดชอบ กำกับดูแลโดย อย. ในการออกใบอนุญาตการผลิต จำหน่าย หรือ นำเข้าเครื่องมือแพทย์ที่ได้มาตรฐาน ตามที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) เพื่อให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์ที่ผลิตและนำเข้ามีมาตรฐานเดียวกัน เพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางการค้าให้เป็นที่ยอมรับทั้งตลาดในประเทศและต่างประเทศ อีกทั้งสร้างความเชื่อมั่นและความยอมรับให้แก่ผู้บริโภคในการใช้เครื่องมือแพทย์ที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน (Thailand Board of Investment, BOI) จึงมีนโยบายในการสนับสนุนประเทศไทยให้เป็นฐานผลิตของอุตสาหกรรมการแพทย์ ตามมาตรการเร่งรัดการลงทุนในอุตสาหกรรมการแพทย์

ผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์และอุปกรณ์การแพทย์ที่จดทะเบียนกับกรมพัฒนาธุรกิจ ในปี 2563 มีจำนวนทั้งสิ้น 595 ราย (นรินทร์ ตันไพบูลย์, พฤษภาคม 2563) โดยเป็นผู้ผลิตขนาดกลาง 90.6% ขนาดเล็ก 5.9% รวมผู้ผลิตขนาดกลางและเล็ก (Small and Medium Enterprise, SME) 96.5% และเป็นสถานประกอบการรายใหญ่ 3.5% บางส่วนเป็นบริษัทข้ามชาติ (Multinational com - panies, MNCs) โดยมีสถานประกอบการที่ขึ้นทะเบียนนำเข้าเครื่องมือแพทย์ จำนวนมากกว่า 2,000 ราย โดยการจดทะเบียนสถานประกอบการผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าเครื่องมือแพทย์มีขั้นตอนโดยสรุปดังแสดงในรูปที่ 3

3. การพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในช่วงวิกฤตการณ์โควิด-19 และกระบะทรายนวัตกรรม

ผลกระทบของสถานการณ์วิกฤตดังกล่าว ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ ประชากรทั้งโลกจำเป็นต้องมีการปรับรูปแบบวิธีการใช้ชีวิตในวิถีใหม่ ทำมีการพัฒนาระบบสาธารณสุขในแพลตฟอร์มใหม่หลากหลายรูปแบบ การพัฒนางานวิจัยกลายเป็นเป็นนวัตกรรม เทคโนโลยี รูปแบบใหม่ ที่ถูกบังคับให้เท่าทันสถานการณ์และเร่งผลิตออกจัดจำหน่ายโดยไม่ผ่านกระบวนการบ่มเพาะทางธุรกิจ ซึ่งส่งกระทบกระเทือนต่อระบบธุรกิจอย่างมหาศาล ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีถูกเปลี่ยนแปลงและทดแทนอย่างรวดเร็ว มีการอนุมัติการใช้ในกรณีฉุกเฉิน (Emergency Use Authorization,

EUA) จนกลายเป็นดาบสองคม คือมีทั้งข้อดีและข้อเสีย จึงทำให้เกิดคำถามเกี่ยวกับความปลอดภัยที่จะเกิดในมนุษย์ในระยะยาว (Kostoff et al., 2020.)

ในมุมมองของผู้ประกอบการด้านเครื่องมือแพทย์และการให้บริการทางการแพทย์โดยใช้เทคโนโลยีในประเทศไทย พบว่า ปัจจุบันสถานบริการการดูแลรักษาสุขภาพมีความต้องการใช้เทคโนโลยี เพื่อการเข้าถึงการบริการทางการแพทย์มากยิ่งขึ้น แต่ประสบปัญหาเช่นเดียวกันกับทุกประเทศทั่วโลก กล่าวคือ ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับห่วงโซ่อุปทาน ในทางกลับการ การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมทางการแพทย์สูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดการนำเข้าจากต่างประเทศส่งผลทำให้นำไปสู่แนวคิดของนวัตกรรมกระบะทราย (Innovation sandbox approach)

"นวัตกรรมกระบะทราย" เป็นกระบวนการออกแบบนวัตกรรมเชิงกลยุทธ์โดยมีแนวคิดว่านวัตกรรมต้องเป็นผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีคุณภาพในการนำมาพัฒนาเป็นธุรกิจที่ช่วยยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชนได้ มีศักยภาพในการผลิตและนำไปใช้ได้หลากหลายสถานที่และสถานการณ์ ซึ่งประชาชนทุกคนสามารถเข้าถึงได้ (Prahalad, 2002. Dabholkar, 2009)

จึงมีการนำแนวคิดดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรม และ รูปแบบธุรกิจเกิดใหม่ ๆ เช่น การใช้โดรนเพื่อการขนส่งอุปกรณ์ทางการแพทย์ การให้แพทย์ทางไกล (Telemedicine) เพื่อยกระดับคุณภาพชีวิตของประชาชน แต่จะต้องมีแนวปฏิบัติที่ชัดเจนรองรับคุณภาพความปลอดภัยเพื่อคุ้มครองผู้บริโภคและป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้นในระยะยาวภายหน้า จำกัดความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นต่อเศรษฐกิจและสังคม ดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 แผนภาพแสดงกระบะทรายนวัตกรรมของการส่งเสริมนวัตกรรมด้านใหม่

ดังนั้น กระบะทรายนวัตกรรมจึงเป็นกรอบใหม่ เพื่อศึกษาผลกระทบและแนวทางการกำกับดูแลเทคโนโลยีพร้อมใช้หรือนวัตกรรมใหม่ มีการยกเว้นตัวบทบัญญัติของกฎหมายหรือกฎข้อบังคับที่เป็นอุปสรรคต่อการดำเนินการวิจัยหรือพัฒนานวัตกรรม โดยจะคำนึงถึงเรื่องสำคัญ คือเรื่องของความปลอดภัย ความยุติธรรม จริยธรรม และสิทธิส่วนบุคคล มีการดำเนินงานเป็นขั้นตอน มีผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง และประเมินผลกระทบต่อประชาชนเป็นหลัก (สอวช., 2564)

แต่อย่างไรก็ตาม ยังมีคงมีการตั้งข้อสังเกตที่น่าสนใจในเรื่องของความหลากหลายของข้อมูลและกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนต่ำเกินไป การได้รับความยินยอมในการศึกษา การใช้ข้อมูลและเปิดเผยสู่สาธารณะที่ยังไม่ได้รับการพิจารณาการวิจัยในมนุษย์ และการทดสอบในกลุ่มตัวอย่างในกลุ่มประเทศที่กำลังพัฒนา (Hunter et al., 2022) เป็นต้น

ในมุมมองของผู้บริโภคเอง พบว่าผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์บางประเภทในช่วงยุคโควิดอาจจะมีข้อสงสัยและกังวลอยู่บ้างในเรื่องของความน่าเชื่อถือ โดยเฉพาะในเรื่องการประเมินความไว (Sensitivity) และความจำเพาะ (Specificity) และความเที่ยงตรง (Precision) ในการตรวจที่ให้ผลเป็นผลบวกเท็จ (False positive) หรือผลลบเท็จ (False negative) (Moshkovits & Shepshelovich, 2022) เป็นต้น

4. บทสรุป

กล่าวถึงบทสรุปของการพัฒนาเครื่องมือแพทย์ในยุคโควิด-19 ในช่วง 3 ปีที่ผ่านมา ถือว่าเป็นการพลิกวิกฤตให้เป็นโอกาส ทำให้เกิดการสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีต้นแบบใหม่ๆ มากมาย เพื่อพร้อมเผชิญกับภาวะขาดแคลนทรัพยากร โดยเฉพาะเครื่องมือแพทย์ ทุกคนได้เรียนรู้ถึงความสำคัญของการพึ่งพาตนเอง เนื่องจากปัญหาการระบาดในประเทศห่วงโซ่อุปทาน การเร่งพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ในภาวะจำเป็นเร่งด่วนเพื่อให้ทันการณ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกฎระเบียบ ตัวบท กฎหมาย เพื่อผ่อนปรนเร่งรัด สนับสนุนแพลตฟอร์มกระบะทรายนวัตกรรม ให้มีทั้งการทดลองและทดสอบในแบบคู่ขนาน เพื่อส่งเสริมงานวิจัยและธุรกิจเกิดใหม่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด สำหรับประเทศไทยในยุคหลังโควิด-19 คาดว่าจะมีแนวทางผ่อนปรนกฎเกณฑ์และมาตรฐานต่าง ๆ เพื่อให้สามารถขับเคลื่อนการดำเนินธุรกิจต่อไปได้ โดยคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นหลัก คุ้มครองผู้บริโภคและป้องกันความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

5. เอกสารอ้างอิง

กองควบคุมเครื่องมือแพทย์, สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.). (30 เมษายน 2562). พระราชบัญญัติ เครื่องมือแพทย์ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2562 สมเด็จพระเจ้าอยู่หัวมหาวชิราลงกรณ บดินทรเทพยวรางกูร ให้ไว้ ณ วันที่ 26 เมษายน พ.ศ. 2562 เป็นปีที่ 4 ในรัชกาลปัจจุบัน. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 136 ตอนที่ 56 ก, หน้า 186 – 212.

ธเนศ วิริยะเมธานนท์. (3 มีนาคม 2564). ระเบียบการขึ้นทะเบียนผู้ผลิตเครื่องมือแพทย์และอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสำหรับผู้สูงอายุและผู้พิการและมาตรฐานรับรองที่เกี่ยวข้อง. กองควบคุมเครื่องมือแพทย์ สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา.

นรินทร์ ตันไพบูลย์. (31 สิงหาคม 2563). แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรม ปี 2563-2565: อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์.

ธนาคารกรุงศรีอยุธยา จำกัด (มหาชน). เข้าถึง https://www.krungsri.com/th/research/ industry/industry-outlook/Other-Industries/Medical-Devices/IO/medical-devices.

ป๋วย อุ่นใจ และ นรภัทร ปีสิริกานต์. Vaccine War สมรภูมิวัคซีนโควิด-19. กรุงเทพฯ : มติชน, 2564. 288 หน้า.

ผู้จัดการออนไลน์. (7 เมษายน 2563). Reuse "หน้ากาก N95" ทางรอดกองทัพสู้โควิด-19 รองรับอุปกรณ์ขาด. เข้าถึง https:// mgronline. com/qol/detail/9630000035644.

ฝ่ายพัฒนาคุณภาพการวิจัย, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2561). แนวทางการขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ ประเภทเครื่องมือแพทย์.

ฝ่ายวิจัยนโยบาย, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2560). รายงานการศึกษา เรื่อง "อุตสาหกรรมเครื่องมือแพทย์ของประเทศไทย".

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี (มทส.). (1 กันยายน 2563). ทีมวิจัย มทส. - นำวิวัฒน์การช่าง วิจัยเครื่องอบฆ่าเชื้อระบบไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ด้วยเทคโนโลยีปลอดเชื้อด้วยระบบอุณหภูมิต่ำ H_2O_2 Reuse หน้ากาก N95 กลับมาใช้ซ้ำได้อย่างปลอดภัยได้มาตรฐาน. เข้าถึง http://www.sut.ac.th/2012/news/detail/ 1/news20200901.

เลขาธิการนายกรัฐมนตรี (สลน.), ทำเนียบรัฐบาล. (กุมภาพันธ์ 2565). สธ.แจงเตรียมปรับ "โควิด" รักษา รพ.ตามสิทธิฟรี หากมีอาการวิกฤตยังรักษาทุกที่ตามสิทธิ UCEP ได้. เข้าถึง https://www. thaigov.go.th/news/ contents/details/51557.

สมาคมศูนย์กลางงานปราศจากเชื้อแห่งประเทศไทย (ThaiCSSA). (24 มกราคม 2564). การ Reused N95 ในสถานการณ์วิกฤต COVID19 (กรณีขาดแคลนเท่านั้น).

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.). (18 ธันวาคม 2562). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง การจัดเครื่องมือแพทย์ตามระดับความเสี่ยง พ.ศ. 2562. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 308 ง, หน้า 53 – 54.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.). (15 กุมภาพันธ์ 2564). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง กลุ่มเครื่องมือแพทย์หรือเครื่องมือแพทย์ที่ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าต้องได้รับอนุญาต พ.ศ. 2563. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 136 ตอนพิเศษ 308 ง, หน้า 53 – 54.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.). กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.). (2563). สมรรถนะบุคลากรในอนาคตสำหรับ 12 กลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย (พ.ศ. 2563 - 2567). กรุงเทพฯ : พริ้นท์เอเบิ้ล. 80 หน้า. ISBN 978-616-8261-67-5.

สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.). กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.). (2564). การส่งเสริมนวัตกรรมด้านใหม่ (Innovation Sandbox). https://www.nxpo.or.th/th/sandbox/. เข้าถึงเมื่อวันที่ 17 ก.ค. 2565.

อนุตรา รัตน์นราทร. (2563). รายงานผู้ป่วยโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19): ผู้ป่วยรายแรกของประเทศไทยและนอกประเทศจีน. วารสารสถาบันบำราศนราดูร, 14(2), 116-23.

American Journal of Managed Care (AJMC). (2021). A Timeline of COVID-19 Developments in 2020. Retrieved from https://www.ajmc.com/view/a-timeline-of-covid19-developments-in-2020.

Agarwal, R., & Gaule, P. (2022). What drives innovation? Lessons from COVID-19 R&D. *Journal of Health Economics*, 102591.

ASEAN Secretariat. (September 2015). ASEAN Medical Device Directive (AMDD). Jakarta, Indonesia.

Badnjević, A., Pokvić, L. G., Džemić, Z., & Bečić, F. (2020). Risks of emergency use authorizations for medical products during outbreak situations: a COVID-19 case study. *BioMedical Engineering OnLine*, *19*(1), 1-14.

Beninger, P. (2020). COVID-19: regulatory landscape of medicinal and medical device products for human use. *Clinical therapeutics*, *42*(8), 1444-1450.

Bloomberg L.P. (May 18, 2022). More Than 11.7 Billion Shots Given: Covid-19 Tracker. Retrieved from https://www.bloomberg.com/graphics/covid-vaccine-tracker-global-distribution/.

Brown, E., & Piroska, D. (2022). Governing fintech and fintech as governance: The regulatory sandbox, riskwashing, and disruptive social classification. *New Political Economy*, *27*(1), 19-32.

Caddy, S. (2020). Developing a vaccine for covid-19. *Bmj*, *369*.

Humanitarian data exchange (HDX). Johns Hopkins University Center for Systems Science and Engineering (JHU CSSE). (2022). Novel Coronavirus (COVID-19) Cases Data (Date of Dataset January 22, 2020 - July 2, 2022). Retrieved from https://data.Humdata.org/dataset/novel-coronavirus-2019-ncov-cases.

Hunter, D. J., Abdool Karim, S. S., Baden, L. R., Farrar, J. J., Hamel, M. B., Longo, D. L., ... & Rubin, E. J. (2022). Addressing vaccine inequity—Covid-19 vaccines as a global public good. *New England Journal of Medicine*, *386*(12), 1176-1179.

Intawong, K., Olson, D., & Chariyalertsak, S. (2021). Application technology to fight the COVID-19 pandemic:Lessons learned in Thailand. *Biochemical and biophysical research communications*, *534*, 830-836.

การพัฒนาระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยวิธีทำการแห้งแบบเยือกแข็ง

FABRICATION OF GELATIN AND CARBOXYMETHYLCELLULOSE SCAFFOLDS AS A DRUG DELIVERY SYSTEM BY USING A FREEZE DRYING METHOD

จักรพงศ์ อังกลมเกลียว[1] ชุดา จิตตสุโภ[2] วงศ์วิทย์ เสนะวงศ์[1]
[1]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Email: wongwit@g.swu.ac.th

THAI ASSOCIATION FOR MEDICAL INSTRUMENTATION

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบนำส่งยาชนิดใหม่ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็ง เพื่อศึกษาความสามารถในการนำส่งยาของระบบนำส่งยา และเพื่อศึกษาการตอบสนองของเซลล์มะเร็งต่อระบบนำส่งยา โดยค้นคว้าพัฒนาระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสโดยวิธีการทำแห้ง แบบเยือกแข็ง ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การขึ้นรูประบบนำส่งโดยวิธีทำแห้งแบบเยือกแข็ง และการทดสอบระบบนำส่ง ซึ่งมี 5 การทดสอบ ได้แก่ การทดสอบลักษณะสัณฐานจากการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด การทดสอบการอุ้มน้ำโดยการหาร้อยละการอุ้มน้ำ ประสิทธิภาพในการกักเก็บยาโดยการหาร้อยละการกักเก็บยา ประสิทธิภาพในการปลดปล่อยยาโดยการหาร้อยละ การปลดปล่อยยาเปรียบเทียบกับเวลา และทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์โดยการหาร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์ เทียบกับเวลา ซึ่งผลการทดลองพบว่าอัตราส่วนผสมระหว่างเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่เหมาะสม คือ อัตราส่วน 9:1 โดยมีความกว้างรูพรุนในช่วง 100-150 ไมโครเมตร สามารถอุ้มน้ำได้มากกว่าน้ำหนักระบบนำส่งถึงร้อยละ 75-95 ประสิทธิภาพในการกักเก็บยาอยู่ที่ร้อยละ 113.47 ประสิทธิภาพในการปลดปล่อยยาเริ่มที่ร้อยละ 0 ขึ้นไปมากที่สุดที่ร้อยละ 30.68 จึงเริ่มคงที่หลังเวลา 24 ชั่วโมง และร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์ A549 อยู่ที่ร้อยละ 13.52 ในเวลา 24 ชั่วโมง และร้อยละ 7.86 ในเวลา 48 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 สามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบนำส่งยาเพื่อฆ่าเซลล์มะเร็งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ระบบนำส่งยา ยาด็อกโซรูบิซิน เจลาติน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส การทำแห้งแบบเยือกแข็ง

ABSTRACT

This research has 3 main objectives are to fabricate drug delivery system for anti - cancer drug ,to characterize drug loading and drug release from the scaffold ,and to determine cytotoxicity of the scaffold. So, fabricate gelatin and carboxymethylcellulose as drug delivery system. It divided into 2 processes are fabricate process and characterization process that have 5 parts are Morphological structure, Swelling , Drug loading effeiciency, Drug releasing efficiency

and cytotoxicity. The results are the ratio of gelatin and carboxymethylcellulose for drug delivery system is 9:1 which have the range of pore size between 100-150 µm, percent of water content in scaffold is between 75-95, percent of encapsulation is 113.47, percent of drug releasing related with time starts form 0 and grow up to 30.68. Then, it turns stable after 24 hour. And, the percent of A549 cell viability are 13.52 at 24 hour and 7.86 at 48 hour respectively. So, the conclusion of this reseach is the drug delivery system form gelatin and carboxymethylcellulose at the ratio 9:1 can develope as a drug delivery system and treat cancer cell efficiently.

Keywords: Drug delivery system, Doxorubicin, gelatin, sCMC, freeze drying technique

1. บทนำ

โรคมะเร็งเกิดจากการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติ โดยจะแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและควบคุมไม่ได้ สามารถแพร่ไปตามร่างกายได้ อาจมีอาการ เช่น มีก้อนเนื้อเกิดใหม่ มีเลือดออกผิดปกติ ไอเป็นเวลานาน ซึ่งขึ้นกับระบบที่เป็นสาเหตุที่เกิดมาจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมประมาณร้อยละ 90-95 ที่เหลืออีกร้อยละ 5-10 เป็นปัจจัยจากพันธุกรรม และจากสิ่งแวดล้อม เช่น จากสารเคมีจำพวกที่เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น บุหรี่ อาหารการกิน เช่น การกินอาหารที่มีสารปนเปื้อนหรือปิ้งย่างที่มีส่วนไหม้ จากการติดเชื้อบางชนิด เช่น ไวรัส หรือจากการแผ่รังสีบางชนิด

ทางการแพทย์มีการใช้ยารักษามะเร็งหรือเรียกว่าเคมีบำบัด แต่เนื่องจากเมื่อร่างกายได้รับยาเข้าไป ยาจะแพร่กระจายไปทั่วร่างกายออกฤทธิ์อย่างเฉพาะเจาะจงบริเวณที่เป็นมะเร็งเท่านั้น จึงทำให้เกิดผลข้างเคียง (side effects) ตามมา เช่น ผมร่วง คลื่นไส้ อาเจียน ภูมิต้านทานลด เลือดออกง่าย เลือดจาง ปัสสาวะเปลี่ยนสี ผิวหนังไวต่อแสง ดังนั้นเพื่อให้การปลดปล่อยยาให้ถูกเป้าหมายและปล่อยตามปริมาณและเวลาที่ต้องการจึงต้องใช้ระบบนำส่งยาเพื่อช่วยลดอาการเหล่านี้และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาผู้ป่วย เนื่องจากระบบนำส่งยาจะมีความจำเพาะต่อเซลล์เป้าหมาย จึงเกิดการรักษาเฉพาะจุดเท่านั้น และระบบนำส่งยาเป็นระบบที่สามารถควบคุมการปลดปล่อย

ยาทำให้ผู้ป่วยได้รับยาในปริมาณพอเหมาะ ผลข้างเคียงจะลดลง การใช้พอลิเมอร์จากธรรมชาติ ได้แก่ เจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นระบบนำส่งยามีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่นสูง อุ้มน้ำได้ดี มีความเข้ากันได้ทางชีวภายในร่างกาย ย่อยสลายได้ในร่างกาย ราคาถูก หาง่าย มีความเป็นพิษต่ำมีคุณสมบัติยึดติดเมือก (mucoadhesive) และสามารถเกาะติดกับเนื้อเยื่อต่าง ๆ ซึ่งพอลิเมอร์ทั้ง 2 ชนิดนี้มีการใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมด้านต่าง ๆ เช่น อาหาร ยา และเวชภัณฑ์ และเวชสำอาง

2. สารเคมีที่เกี่ยวข้อง

2.1 *เจลาติน (Gelatin)* เป็นสารประเภทโปรตีน ลักษณะเป็นของแข็ง ไม่มีสี เปราะ และแทบไม่มีรสชาติ ได้จากการไฮโดรไลซิสของคอลลาเจน (Collagen) ที่สกัดจากผิวหนัง กระดูก หรือเนื้อเยื่อเกี่ยวพันจากสัตว์ เช่น ไก่ ปลา หมู วัว ทำให้โครงสร้างของคอลลาเจนถูกทำลาย เจลาตินเป็นโมเลกุลมีขั้วจะละลายในน้ำร้อน และจะพองตัวเป็นเจล (gel) เมื่อเย็นลง หรือละลายในตัวทำละลายที่มีขั้วเช่นกัน แบ่งตามแหล่งที่สกัด ได้แก่ type A และ type B ซึ่ง

type A ทำจากหนังสุกร (porcine skin) ส่วน type B ทำจากหนังโค (bovine skin)

2.2 *คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส* หรือเซลลูโลสกัม (cellulose gum) เป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตจำพวกเซลลูโลส (cellulose) ซึ่งสามารถพบได้ในผนังเซลล์ของพืช โดยสังเคราะห์ โดยปฏิกิริยาที่ถูกเร่งด้วยเบส (alkali-catalyzed reaction) ของเซลลูโลสทำให้มีหมู่คาร์บอกซิลมาเกาะ จะอยู่ในรูปของโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxymethyl-cullulose)

2.3 *ด็อกโซรูบิซิน* (Doxorubicin) เป็นยาต้านมะเร็งต่าง ๆ เช่น มะเร็งเต้านม (breast cancer) มะเร็งกระเพาะปัสสาวะ (bladder cancer) จะอยู่ในรูปของด็อกโซรูบิซินไฮดรอคลอไรด์ (doxorubicin hydrochloride) เป็นยาประเภทฉีดโดยฉีดเข้าหลอดเลือดดำผ่านสายน้ำเกลือที่มีน้ำเกลือไหลผ่าน ไม่ควรให้ยาด้วยการกิน เนื่องจากมีการดูดซึมยาน้อยกว่า 5 % ไม่ควรใช้กับยา heparin [16] มีคุณสมบัติเป็นสารเรืองแสง (fluorecence) ซึ่งความยาวคลื่นที่ปล่อยออกมาจะขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ค่า pH ของสภาพแวดล้อม ซึ่งจะมีความยาวคลื่น 559 – 592 nm เมื่อตัวทำละลายเป็นน้ำ ผลข้างเคียงเมื่อใช้ยา เช่น ผมร่วง คลื่นไส้ อาเจียน โลหิตจาง มีแผลในปาก ผิวคล้ำ

3. วิธีการทดลอง

3.1 วิธีการเตรียมระบบนำส่งยา

ละลายเจลาตินแบบผงและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสด้วยน้ำปราศจากไอออนให้มีความเข้มข้น 3 %w/w และ 2 %w/w ตามลำดับ ผสมเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสให้ได้ปริมาตรสุดท้าย 1.2 มิลลิลิตร ในอัตราส่วนต่างๆ ดังนี้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนระหว่างเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในการขึ้นรูประบบนำส่งยา

Sample Name	Gelatin 3%w/w	sCMC 2%w/w	Glutaraldehyde 2%	อัตราส่วน Gel:sCMC
Gel+ cross	✓		✓	10:0
sCMC+cross		✓	✓	0:10
Gel/sCMC+ cross	✓	✓	✓	9:1
Gel/ sCMC + cross	✓	✓	✓	8:2
Gel/ sCMC + cross	✓	✓	✓	7:3
Gel/ sCMC + cross	✓	✓	✓	6:4

สำหรับระบบนำส่งยาให้เติมบาด็อกโซรูบิซินปริมาตร 167 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1% w/w) ลงไปในสารละลายเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ปริมาตร 1.2 มิลลิลิตร ส่วนตัวอย่างที่เติม crosslinker ล้างเจลด้วยสารละลายไกลซีนจำนวน 3 ครั้ง เพื่อป้องกันการเกิดความเป็นพิษต่อเซลล์ของ glutaraldehyde จากนั้นนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง แล้วไปทำให้แห้งด้วยเครื่อง freeze dryer ที่ความดัน 0.280 มิลลิบาร์ นาน 48 ชั่วโมง

3.2 การทดสอบลักษณะสัณฐาน

เป็นการทดสอบตัวอย่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) โดยทำที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (NANOTEC) เนื่องจากตัวอย่างไม่มีการนำไฟฟ้าจึงต้องทำการเคลือบทองก่อนนำเข้าเครื่อง โดยภาพที่ออกมาจะเป็นพื้นผิวของระบบนำส่งยา แล้วใช้โปรแกรม SEMafore ในการวัดขนาดรูพรุน

3.3 ประสิทธิภาพในการอุ้มน้ำของระบบนำส่งยา

ตัดตัวอย่างระบบนำส่งยาและนำไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งสาร 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักเริ่มต้น ใส่

สารละลายฟอตเฟสบัฟเฟอร์ 500 ไมโครลิตรแล้วแช่ในตู้อบก่อนนำไปปั่นแห่วงเป็นเวลา 5 นาที บันทึกน้ำหนักสุดท้ายและคำนวณร้อยละการอุ้มน้ำ

3.4 การหาประสิทธิภาพในการกักเก็บยา

สามารถคำนวณได้จากค่าร้อยละการกักเก็บ (% loading effeciency) และ%encapsulation efficiency ซึ่งใช้เทคนิค Fluoresence spectrophotometry

3.5 การหาประสิทธิภาพในการปลดปล่อยยา

สามารถคำนวณได้จากค่าร้อยละการปลดปล่อยของยา (%releasing efficiency) ซึ่งใช้เทคนิค Fluoresence spectrophotometry เช่นเดียวกับการหาประสิทธิภาพการกักเก็บยา

3.6 การหาความเป็นพิษของยาต่อเซลล์ A549

เพาะเลี้ยงเซลล์ A549 ด้วย Dulbecco's modified Eagle's medium (DMEM) ที่มี Fetal bovine serum (FBS) บน 24 well-plate เป็นเวลา 1 วัน แบ่งตัวอย่างระบบนำส่งยาเป็น 2 ชุด คือ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยมีระบบนำส่งที่ไม่มียา เซลล์อย่างเดียวและยาอย่างเดียวเป็นตัวควบคุม ดูดอาหารเลี้ยงเซลล์ออก ใส่ตัวอย่างและ DMEM ที่ไม่มี FBS ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ก่อนนำไปแช่ในตู้อบอุณหภูมิ 37°C 5% CO2 เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และใช้วิธี MTT assay เพื่อหาค่าความอยู่รอดของเซลล์ A549 โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่น 550 ไมโครเมตร

4. ผลการทดลอง

4.1 การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมกับการขึ้นรูประบบนำส่ง

เป็นการหาอัตราส่วนผสมระหว่างเจลาติน (gelatin: Gel)และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium-carboxymethylcellulose: sCMC) โดยมีการเติม crosslinker เพื่อขึ้นรูปเป็นระบบนำส่งยาโดยดูจากการขึ้นรูปเป็นเจล (gel)

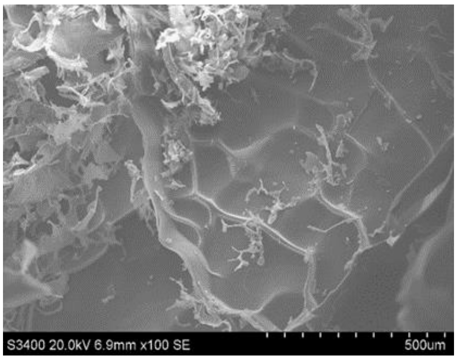
ตารางที่ 2 การขึ้นรูปเป็นเจลของตัวอย่างระบบนำส่งยาที่มีการเติม crosslinker

Sample Name	อัตราส่วน Gel:sCMC	การขึ้นรูป
Gel	10:0	เป็นเจล
sCMC	0:10	ไม่เป็นเจล
Gel/sCMC	9:1	เป็นเจล
	8:2	เป็นเจล
	7:3	ไม่เป็นเจล
	6:4	ไม่เป็นเจล
	5:5	ไม่เป็นเจล

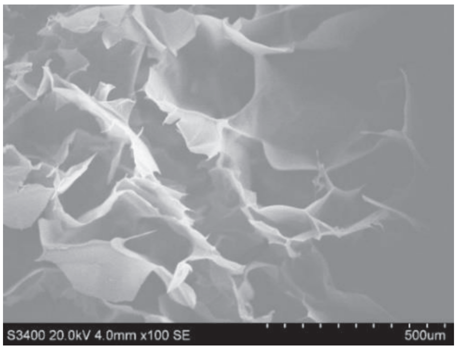
จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าการขึ้นรูประบบนำส่งยาโดยมีการเติม crosslinker พบว่าเมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมากขึ้นจะทำให้การขึ้นรูปเป็นเจล (gel) ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างระบบนำส่งยาเจลาติน (gelatin: Gel) และโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodiumcarboxy methyl - cellulose: sCMC) พบว่ามีเพียงตัวอย่างระบบนำส่งยาเจลาติน อัตราส่วนของเจลาติน 8:2 9:1 และ 10:0 เท่านั้นที่สามารถทำให้ระบบนำส่งยาขึ้นรูปเป็นเจลได้เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของเจลาตินมีคุณสมบัติในการก่อตัวเป็นเจล และมี crosslinker ไปจับโครงสร้างให้เป็นร่างแหทำให้เกิดการยึดเกาะของโครงสร้างได้ดี ลดการละลายน้ำ ส่วนโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสไม่มีคุณสมบัติในการก่อตัวเป็นเจลเหมือนเจลาติน ทำให้ไม่เกิดการขึ้นรูปเหมือนเจลาติน และ crosslinker อาจทำลายโครงสร้างทางเคมีของโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จะทำให้ลดการก่อรูปเป็นเจลเมื่ออัตราส่วนของโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพิ่มขึ้น หลังจากการทดลองขึ้นรูปของระบบนำส่งยาพบว่าอัตราส่วนของเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ทำให้เกิดการขึ้นรูปได้ดีที่สุด คือ 9:1

4.1 ลักษณะสัณฐานของระบบนำส่งยา

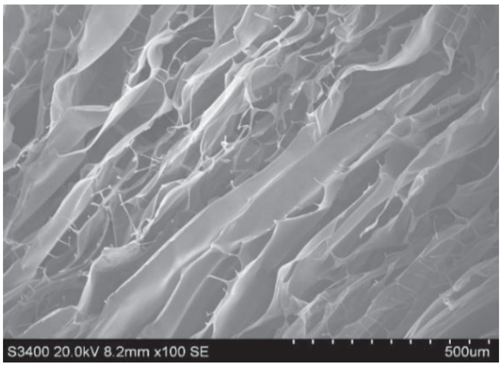
จากรูปที่ 1–3 แสดงการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM) พบว่าลักษณะพื้นผิวของระบบนำส่งยามีลักษณะเป็นรูพรุนคล้ายฟองน้ำ ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้มีการอุ้มน้ำ ละลายน้ำได้ดี และสามารถปลดปล่อยยาออกมาได้มากกว่าพื้นผิวแบบไม่เป็นรูพรุน



รูปที่ 1 ภาพแสดงระบบนำส่งยาเจลาติน (10:0) จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100x



รูปที่ 2 ภาพระบบแสดงนำส่งยาที่ประกอบด้วยเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน9:1 ที่มียาด็อกโซรบิซินจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100x



รูปที่ 3 ภาพแสดงระบบนำส่งยาโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (10:0) ที่มียาด็อกโซรูบิซินจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดที่กำลังขยาย 100x

ตารางที่ 3 ขนาดรูพรุนของตัวอย่างระบบนำส่งยาโดยแสดงเป็นค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

อัตราส่วน Gel : sCMC	Sample	การเติม crosslinker	Mean ± S.D (μm)
10:0	Gel	ไม่มี	121.86 ± 70.66
	Gel + Dox.		118.86 ± 85.06
	Gel	มี	175.22 ± 77.14
	Gel + Dox.		197.44 ± 110.64
9:1	Gel/sCMC	ไม่มี	101.11 ± 57.58
	Gel/sCMC + Dox.		141.45 ± 120.74
9:1	Gel/sCMC	มี	93.25 ± 70.58
	Gel/sCMC + Dox.		57.61 ± 61.94
10:0	sCMC	ไม่มี	80.32 ± 98.88
	sCMC + Dox.		67.93 ± 39.13
	sCMC	มี	81.14 ± 73.03
	sCMC + Dox.		55.44 ± 46.41

จากตารางที่ 3 พบว่า ขนาดรูพรุนของตัวอย่างระบบนำส่งยาเจลาติน (Gel) จะมีขนาดรูพรุนกว้างที่สุดที่ขนาดประมาณ 115-125 ไมโครเมตร รองลงมาคือเจลาตินผสมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 (Gel/sCMC) ความกว้างประมาณ 100-150 ไมโครเมตรและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sCMC) ความกว้างประมาณ 50-80 ไมโครเมตร ตามลำดับ เนื่องจากสารละลายเจลาตินมีความหนาแน่นและความหนืดน้อยกว่าสารละลายโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส จึงสามารถทำให้เกิดฟองอากาศภายในสารละลายได้ง่ายมากกว่า และฟองอากาศมีขนาดใหญ่กว่าสารละลายโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ในส่วนตัวอย่างระบบนำส่งยาที่มีการเติม crosslinker พบว่าจะมีลักษณะที่เป็นริ้วแต่ยังมีความเป็นรูพรุนอยู่ โดยตัวอย่างระบบนำส่งยาเจลาตินมีความกว้างประมาณ 175-200 ไมโครเมตร รองลงมาคือเจลาตินผสมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 ความกว้างประมาณ 50-95 ไมโครเมตรและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสความกว้างประมาณ 55-85 ไมโครเมตรตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่าการเติม crosslinker ลงในระบบนำส่งยามีผลต่อขนาดรูพรุนโดยเมื่อเติม crosslinker ลงในตัวอย่างระบบนำส่งยาเจลาตินจะมีขนาดรูพรุนที่เล็กลง แต่ crosslinker ไม่มีผลต่อขนาดรูพรุนของระบบนำส่งยาที่เตรียมจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (10:0) เพียงอย่างเดียว เมื่อเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างระบบนำส่งยาที่ใส่ยาด็อกโซรูบิซิน และไม่ใส่ยาด็อกโซรูบิซินพบว่ายาด็อกโซรูบิซินไม่มีผลต่อขนาดความกว้างรูพรุนของระบบนำส่งยา เนื่องจากสารละลายยามีความหนืดน้อยจึงไม่มีผลเปลี่ยนแปลงความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ก่อนนำไปทำแห้งเยือกแข็ง โดยสรุปขนาดและปริมาณของรูพรุนจะขึ้นอยู่กับความหนืดของพอลิเมอร์ที่ใช้ในการเตรียม เนื่องจากความหนืดที่แตกต่างกันเกิดจากมวลโมเลกุล (Molecular weight) ของพอลิเมอร์ที่ต่างกัน และความเข้มข้นของสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมต่างกัน

4.2 ผลการทดสอบการอุ้มน้ำ

ตารางที่ 4 ค่าร้อยละการอุ้มน้ำของตัวอย่างระบบนำส่งยา

อัตราส่วน Gel:sCMC	Sample	Doxorubicin	%Water content Avr. ± S.D.
10:0	Gel	ไม่มี	88.70 ± 3.48
		มี	80.10 ± 8.03
9:1	Gel/sCMC	ไม่มี	92.29 ± 1.09
		มี	78.53 ± 9.78
0:10	sCMC	ไม่มี	94.07 ± 1.40
		มี	94.05 ± 1.69

จากการทดลองพบว่าตัวอย่างระบบนำส่งยาโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสทั้งแบบที่ใส่ยาด็อกโซรูบิซินและไม่ใส่ยาด็อกโซรูบิซิน มีค่าร้อยละการอุ้มน้ำสูงสุดเท่ากับร้อยละ 94 รองลงมาคือ เจลาตินผสมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส อัตราส่วน 9:1 มีค่าร้อยละการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 75-95 และเจลาตินมีค่าร้อยละการอุ้มน้ำเท่ากับร้อยละ 80-90 จะเห็นได้ว่าตัวอย่างระบบนำส่งยาทุกแบบจะมีค่าร้อยละการอุ้มน้ำมากกว่าร้อยละ 75 เนื่องจากเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นพอลิเมอร์ที่พองตัวในน้ำโดยสามารถกักเก็บน้ำให้อยู่ภายในโครงสร้างร่างแหได้

4.3 ประสิทธิภาพการกักเก็บยาของระบบนำส่ง

ตารางที่ 5 ค่าร้อยละประสิทธิภาพในการกักเก็บยาของระบบนำส่งยา

Sample	%Encapsulation efficiency Mean ± S.D.	%Loading efficiency Mean ± S.D.
Gel + Dox.	143.45 ± 15.24	2.40 ± 2.46
Gel/ sCMC (9: 1) + Dox	113.47 ± 10.07	1.04 ± 0.10
sCMC + Dox.	187.98 ± 31.22	3.00 ± 2.45

จากตารางที่ 5 แสดงค่า %Encapsulation efficiency และ %Loading efficiency ของตัวอย่างระบบนำส่งยาที่ไม่ได้มีการเติม crosslinker เนื่องจากขั้นตอนในการละลาย ตัวอย่างระบบนำส่งยาที่มีการเติม cross-linker สามารถละลายน้ำได้เล็กน้อย แม้ว่าจะทิ้งไว้หลายชั่วโมง จึงทำให้ไม่สามารถนำมาทดลองได้ สาเหตุมาจากการเติม crosslinker ในระบบนำส่งยาจะทำให้โครงสร้างทางเคมีของระบบนำส่งยากลายเป็นโครงร่างแห การทำลายพันธะที่เกิดจากการเติม crosslinker จากการละลายทำได้น้อยมาก ส่วนตัวอย่างระบบนำส่งยาที่ไม่ได้เติม crosslinker สามารถละลายได้ง่ายกว่า เพราะโครงสร้างที่มีลักษณะรูพรุนทำให้น้ำแทรกช่องว่างที่เป็นรูพรุนและทำให้ยาด็อกโซรูบิซินละลายออกมาได้เร็ว เหมาะแก่การพัฒนาไปเป็นระบบนำส่งยาต่อไป

ส่วนค่า %Encapsulation efficiency ที่ไม่ได้มีการเติม crosslinker จะเห็นว่า % Encapsulation efficiency ของระบบนำส่งยาทุกตัวอย่างมีค่าเกินร้อยละ 100 เนื่องจากไม่มีการสูญเสียยาด็อกโซรูบิซินระหว่างการขึ้นรูประบบนำส่งยา และส่วนที่เกินร้อยละ 100 อาจเกิดจากการอ่านค่าได้ของระบบนำส่งยา ส่วนค่า %Loading efficiency ถือว่ามีความเหมาะสม หากต้องการเพิ่มค่า %Loading efficiency สามารถทำได้โดยทดลองเพิ่มปริมาณยาด็อกโซรูบิซินลงไปในตัวอย่างระบบนำส่งยา

4.4 ประสิทธิภาพการปลดปล่อยยาของระบบนำส่ง

สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณตัวยาด็อกโซรูบิซินที่ปลดปล่อยออกมาจากระบบนำส่งยา ซึ่งมียาด็อกโซรูบิซินคิดเป็นร้อยละ 100 จากการวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการกักเก็บยา เนื่องจากสามารถกักเก็บยาไว้ภายในระบบนำส่งยาได้ทั้งหมด ดังตารางที่ 6

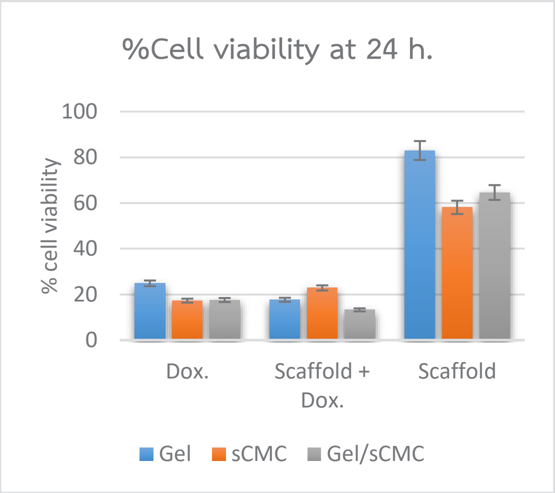
ตารางที่ 6 ค่าร้อยละการปลดปล่อยยาด็อกโซรูบิซินของตัวอย่างระบบนำส่งยาในเวลาต่างๆ

Time (mins)	%Cumulative Release (%)		
	Gel + Dox.	Gel/sCMC + Dox.	sCMC + Dox
0	0	0	0
15	2.37 ± 2.11	18.62 ± 1.71	1.05 ± 1.18
30	7.93 ± 0.33	23.08 ± 1.60	2.02 ± 0.22
60	7.38 ± 1.42	29.30 ± 8.92	2.83 ± 0.28
120	7.40 ± 0.16	30.68 ± 6.16	4.11 ± 0.69
1440 (24 hr)	6.35 ± 0.65	27.16 ± 4.95	5.38 ± 1.03
2880 (48 hr)	8.07 ± 0.52	27.63 ± 5.87	4.99 ± 0.23

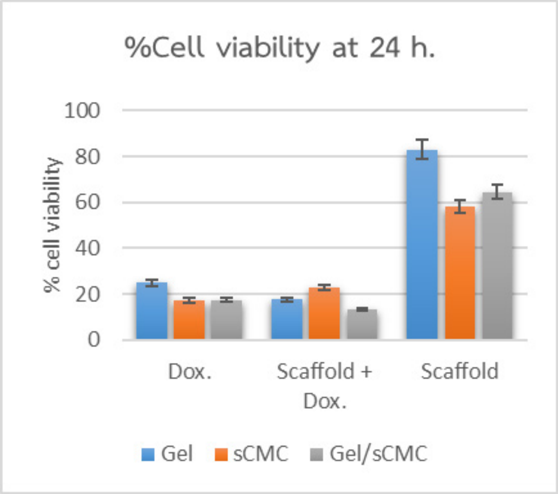
พบว่าจะมีการละลายเมื่อระบบนำส่งยาในช่วง 0-15 นาที ยาด็อกโซรูบิซินจะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมาจากระบบนำส่งยา ความเข้มข้นของยาด็อกโซรูบิซินจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนมากที่สุดในช่วงเวลา 30 นาที ความเข้มข้นยาด็อกโซรูบิซินจะเริ่มคงที่หลังจากเวลา 24 ชั่วโมงเป็นต้นไป เนื่องจากปริมาณยาที่อยู่สารละลายฟอสเฟตบัฟเฟอร์เกิดการอิ่มตัว ทำให้ไม่สามารถละลายออกมาได้เพิ่ม ไม่ได้เกิดจากยาภายในระบบนำส่งยาหมด เนื่องจากปริมาณยาด็อกโซรูบิซินที่ถูกปลดปล่อยออกมามากที่สุดเพียงร้อยละ 30.68 เท่านั้น ยังมีที่ถูกเก็บไว้ภายในระบบนำส่งยาอีกร้อยละ 69.32

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างระบบนำส่งยาทั้ง 3 ชนิดพบว่าระบบนำส่งยาที่เตรียมจากเจลาตินผสมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 สามารถปลดปล่อยยาออกมาได้มากที่สุด คือ ร้อยละ 30.68 ในเวลา 120 นาที รองลงมาคือ ระบบนส่งยาที่เตรียมจากเจลาตินที่ร้อยละ 7.93 ในเวลา 30 นาที และระบบนำส่งยาที่เตรียมจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสที่ ร้อยละ 5.38 ในเวลา 24 ชั่วโมง เนื่องจากในการทดสอบการอุ้มน้ำของระบบนำส่งยาพบว่าระบบนำส่งยาเจลาตินผสมโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตาราส่วน 9:1 มีการละลายในอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ได้เร็วกว่า ระบบนำส่งยาอื่น ทำให้ปริมาณยาที่กระจายอยู่ภายในระบบนำส่งยาถูกปลดปล่อยได้มากที่สุด และด้วยโครงสร้างระบบนำส่งยามีลักษณะเป็นรูพรุนทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวภายในระบบนำส่งยาทำให้ยาด็อกโซรูบิซินที่ กระจายอยู่จะปลดปล่อยได้ง่าย

4.5 ผลทดสอบความเป็นพิษต่อเซลล์



รูปที่ 4 กราฟแสดงค่าร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์หลังจากสัมผัสกับระบบนำส่งยาเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



รูปที่ 5 กราฟแสดงค่าร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์หลังจากสัมผัสกับระบบนำส่งยาเป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การทดลองใน 24 ชั่วโมงจะพบว่าจำนวนเซลล์ A549 ที่สัมผัสกับระบบนำส่งยา (Scaffold) ยาด็อกโซรูบิซิน (Dox) ระบบนำส่งยาที่มียาด็อกโซรูบิซิน (Scaffold + Dox) มีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับเซลล์ในกลุ่มควบคุม (Control) โดยเซลล์ที่สัมผัสกับระบบนำส่งยาที่มีร้อยละการรอดชีวิตน้อยที่สุดคือ เจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเท่ากับ 13.25 รองลงมา คือ เซลล์สัมผัสกับระบบนำส่งยาเจลาตินมีร้อยละ การรอดชีวิตเท่ากับ 17.64 และเซลล์สัมผัสกับระบบนำส่งยาโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีร้อยละการรอดชีวิตเท่ากับ 22.83 ตามลำดับ

สำหรับการทดลองใน 48 ชั่วโมง พบว่าเซลล์ที่สัมผัสกับระบบนำส่งยาที่ใส่ยาด็อกโซรูบิซินจะมีค่าร้อยละการมีชีวิตรอดของเซลล์น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ และเซลล์ที่สัมผัสกับระบบนำส่งยาเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 มีค่าร้อยละการรอดชีวิตของเซลล์น้อยที่สุดเท่ากับ 7.86 รองลงมา คือ เซลล์สัมผัสระบบนำส่งยาโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลมีค่าร้อยละการรอดชีวิตเท่ากับ 8.15 และเซลล์สัมผัสระบบนำส่งยาเจลาตินมีค่าร้อยละการรอดชีวิตเท่ากับ 10.16 ตามลำดับ ซึ่งคล้ายกับการทดลองใน 24 ชั่วโมง เนื่องจากประสิทธิภาพในการปลดปล่อยยาของระบบนำส่งยาเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสอัตราส่วน 9:1 ในเวลา 24 ชั่วโมงมีปริมาณการปลดปล่อยยาที่มากกว่าระบบนำส่งยาตัวอื่น ทำให้เซลล์ได้รับปริมาณยาที่มากกว่าระบบนำส่งยาอื่น สำหรับระบบนำส่งยาที่เตรียมจากคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีการปลดปล่อยยาช่วงแรกในปริมาณที่จะน้อยกว่าระบบนำส่งยาที่เตรียมจากเจลาติน ทำให้ปริมาณเซลล์ที่รอดชีวิตมากกว่า แต่เมื่อเวลาผ่านไปปริมาณยาจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนใกล้กับปริมาณการปลดปล่อยยาของระบบนำส่งยาเจลาติน ทำให้เซลล์ในช่วง 48 ชั่วโมงมีค่าต่ำกว่า ดังนั้นสรุปได้ว่าระบบนำส่งยาที่ดีที่สุดที่จะนำมาพัฒนาเพื่อใช้นำส่งยารักษามะเร็ง คือ ระบบนำส่งยาที่เตรียมจากเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1

5. สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การพัฒนาระบบนำส่งยาชนิดใหม่จากเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการต้านมะเร็ง เนื่องจากการทำให้อยู่ในรูปของระบบนำส่งยา ระดับความเข้มข้นของยาในกระแสเลือดจะคงที่ในระดับความเข้มข้นที่สามารถรักษาได้ จนกว่าระบบนำส่งยาจะย่อยสลายจนหมด จะไม่เกิดความเป็นพิษต่อเซลล์จากระดับความเข้มข้นของยามากเกินไป หรือประสิทธิภาพในการรักษาของยาลดลงจากระดับความเข้มข้นของยาที่น้อยจนไม่สามารถรักษาได้ และยังสามารถจำกัดการแพร่กระจายของยาต้านมะเร็งในกระแสเลือดไม่ให้ไปยังเซลล์อื่น ๆ ทำให้ ผลข้างเคียงของยาต้านมะเร็งลดลง

จากการทดลองพบว่าระบบนำส่งยาจากเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 มีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็ง A549 มากกว่าระบบนำส่งยาจากเจลาตินและระบบนำส่งยาจากโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเพียงอย่างเดียว เนื่องจากประสิทธิภาพในการปลดปล่อยยาของระบบนำส่งยาจากเจลาตินและโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในอัตราส่วน 9:1 มีมากที่สุด นอกจากนี้ ยังมีความเป็นพิษต่อเซลล์มะเร็งมากกว่าการใช้ยาด็อกโซรูบิซินเพียงอย่างเดียวอีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากระบบนำส่งยาจากเจลาตินและคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเป็นแบบที่ไม่มีการ cross-link ทำให้เกิดการละลายได้ง่ายในสารละลายฟอสเฟสบัฟเฟอร์ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส และแบบที่มีการ crosslink มีอัตราการละลายน้อยมาก ทำให้ไม่

สามารถทำการวิเคราะห์ใด ๆ ได้ อาจจะมีการปรับปรุงในการหาส่วนผสมตัวอื่นมาช่วยในเรื่องการชะลอการละลายหรือเปลี่ยนตัว crosslinker agent การทดลองในส่วนประสิทธิภาพในการกักเก็บยา คือ การหาค่า %loading effeiciency สูงสุดที่สามารถทำได้ เนื่องจากปริมาณยามีจำกัด และการทดลองในสัตว์ทดลองต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

[1] กชพรรณ วิไลวรรณ ;และคนอื่นๆ. (2559). *การเจ็บป่วยและการตายของคนไทย*. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จากhttp://group4-m58.blogspot.com/2015/12/blog-post.html

[2] กรรญดา อิสระกุลฤทธา. (2559). *มะเร็งคืออะไร*. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2559, จาก http://www.cccthai.org/l-th/index.php/2009-06-13-08-46-51.html

[3] ฉันชาย สิทธิพันธุ์. (2559). *มะเร็งปอด*. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2559, จากhttp://www.healthtoday.net/thailand/disease/diisease_116.html

[4] ธีรวุฒิ คูหะเปรมะ. (2559). *ความรู้เรื่องโรคมะเร็ง*. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2559, จาก http://www.cccthai.org/ l-th/index.php/2009-06-13-08-46-51.html

[5] ปราณีต โอปณะโสภิต. 2556. *ระบบนำส่งยา*. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย ศิลปากร

[6] ปราณีต โอปณะโสภิต. 2558. *ระบบนำส่งยาสู่เป้าหมาย*. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย ศิลปากร

[7] *มะเร็ง*. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จาก https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8 %A3%E0%B9%87%E0%B8%87

[8] วสุ ศุภรัตนสิทธิ. (2559) *ยาต้านมะเร็ง*. สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2559, จาก http://www.pharmacy.mahidol.ac.th/th/knowledge/article/176/%E0%B8%A2%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%A3%E0%B9%87%E0%B8%87/

[9] ศูนย์มะเร็งฮอไรซัน โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์. (2559). *การฝังแร่กัมมันตรังสี (Brachytherapy)*. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จาก https://www.bumrungrad.com/th/horizon-cancer-treatment-center chemotherapy-bangkok-thailand

[10] สาขารังสีรักษาและมะเร็งวิทยา ฝ่ายรังสีวิทยา โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์. (2559). *ความรู้เกี่ยวกับยาเคมีบำบัด ผลข้างเคียงของยาต่างๆ*. สืบค้นเมื่อ 1 ตุลาคม 2559, จากhttp://www.chulacancer.net/patient-list-page.php?id=324#14

[11] Angulo, Daniel Enrique López; & Sobral Paulo José do Amaral. (2016). Characterization *of gelatin/chitosan scaffold blended with aloe veraand snail mucus for biomedical purpose.* International Journal of Biological Macromolecules. 2016(92): 645–653

[12] Astromaterials Research & Exploration Science. (2017). Scanning Electron Microscopes Laboratory. Retrieved Feb 3, 2017, from https://ares.jsc.nasa.gov/research/laboratories/sem.html

[13] ATCC. (2017). A549. Retrieved Feb 5, 2017, fromhttps://www.atcc.org/Products/All/CCL-185.aspx

[14] Chou, Shih-Feng; et al. (2016). On the importance of Bloom number of gelatin to the development of biodegradable in situ gelling copolymers for intracameral drug delivery. International Journal of Pharmaceutics. 2016(511): 30–43.

[15] Curtil, Alain; Pegg, David E.; & Wilson, Ashley. (1996). Freeze Drying of Cardiac Valves in Preparation for Cellular Repopulation. Crybiology. 1997(34): 13-22.

[16] Dalai, Kasemsak. (2016). Doxorubicin. Retrieved Oct 5, 2016, from http://www.slideshare.net/doodeewa/slide-doxo-for-present-27278833

[17] Domala, Suchitra; Kobragade, Deepak S.; & Sellappan, Velmurugan. (2013). Formulation and elavuation of sustained release tablets of capecitabine using different hydrophylic polymers. Indo American Journal of Pharmaceutical Research. 2013: 8237-8248.

[18] *Doxorubicin*. Retrieved Oct 1, 2016, from https://en.wikipedia.org/wiki/Doxorubicin

[19] Ernsting, Mark J.; et al. (2012). *Tumor-targeted drug delivery using MR-contrasted docetaxel-Carboxymethylcellulose nanoparticles*. Biomaterials. 2012(33): 3931-3941.

[20] Fan, Changjiang; & AnWang, Dong. (2015). Novel Gelatin- based Nano- gels with coordination- induced Drug loading for Intracellular Delivery. Journal of Materials Science & Technology. 2016(32): 840-844.

[21] García-Astrain, C.; et al. (2016). *Click gelatin hydrogels: Characterization and drug release behaviour*. Materials Letters. 2016(182): 134-137.

[22] *Gelatin*. Retrive Oct 5, 2016, from http://www.madehow.com/Volume-5/Gelatin.html

[23] Institute for Frontier Medical Sciences, Kyoto University. (2008). *Fabrication of porous gelatin scaffolds for tissue engineering*. Biomaterials. 1999(20): 1339-1344.

[24] Jamalpoor, Zahra; et al. (2014). *Fabrication of cancellous biomimetic chitosan- based Nanocomposite scaffolds applying a combina tional method for bone tissue engineering*. Journal of Biomedical Materials Research Part A. (2014): 1-11.

[25] Juncu, Gheorghe; et al. (2015). *Drug release kinetics from carboxymethylcellulose-bacterial cellulose composite films* International Journal of Pharmaceutics. 2016(112): 485–492.

[26] Karukstisu, Kerry K.; et al. (1998). *Deciphering the fluorescence signature of daunomycin and doxorubicin*. Biophysical Chemistry. 1998(73): 249-263.

[27] Lai, Jui-Yang; et al. (2006). *Effect of Charge and Molecular Weight on the Functionality of Gelatin Carriers for Corneal Endothelial Cell Therapy*. Biomacromolecules. 2006: 1836-1844.

[28] Lu, Shaoyu; Liu, Mingzhu; & Ni, Boli. (2010). *An injectable oxidized carboxymethyl cellulose/ N- succinyl- chitosan hydrogel system for protein delivery*. Chemical Engineering Journal 160 (2010): 779–787.

[29] Martin Chaplin. (2016). *Gelatin*. Retrieved Oct 5,2016, from http://www1.lsbu.ac.uk/water/gelatin.html

[30] Ogushi, Yuko; Sakai, Shinji; & Kawakami, Koei. (2007). *Synthesis of Enzymatically-Gellable Carboxymethylcellulose for Biomedical Applications*. Journal of Bioscience and Bio-engineering. 2007(104): 30–33.

[31] Poursamar, S. Ali; et al. (2015). *The effects of crosslinkers on physical, mechanical, and cytotoxic properties of gelatin sponge prepared via in- situ gas foaming method as a tissue engineering scaffold*. Materials Science and Engineering C. 2015(63): 1-9.

[32] Prasad, M.P.; & Kalyanasundaram M. (1994). *Scanning electron microscopic analysis and swelling behaviour of ionotropically crosslinked carboxymethylcellulose and carboxymethyl cellulose-gelatin matrices*. Carbohydrate Polymers. 1995(26): 35-41.

[33] Ratanavaraporn, Juthamas; et al. (2006). *Comparison of Gelatin and Collagen Scaffolds for Fibroblast Cell Culture*. Journal

of Metals, Materials and Minerals. 2006(16): 31-36.

[34] Riss, Terry L.; et al. (2013). Cell Viability Assays. Assay Guidance Manual. 2013: 1-31.

[35] Sigma-Aldrich. (2016). Gelatin. Retrieved Oct 1, 2016, from http://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigma/g2500?lang=en&region=TH&gclid=CjwKEAjwps2_BRC5jduHorh8xESJADGTLt8IeyhGlLHt5rQ8ms3_fAp6MMKlG_dWJhCjIWpQgJ2BoCDdvw_wcB

[36] Sunray International. (2016). Sodium Carboxymethylcellulose. Retrieved Oct 1, 2016, from http://www.sunrayinternational.com/single portfolio.php?p=67

[37]Thakur, Goutam; et al. (2011). Characterization and scanning electron microscopic *investigation of crosslinked freeze dried gelatin matrices for study of drug diffusivity and release kinetics. Micron. 2012(43): 311–320.*

[38] Wikipedia. (2016). *Carboxymethylcellulose*. Retrieved Jul 20, 2016, from https:// enwikipedia.org/wiki/Carboxymethyl_cellulose

[39] Wikipedia. (2016). *Gelatin*. Retrieved Oct 5, 2016, from https://en.wikipedia.org/wiki/Gelatin

[40] Wikipedia. (2017). *MTT assay*. Retrieved Apr 14, 2017, from https://en.wikipedia.org/wiki /MTT_assay

[41] Wong, Tin Wui; & Ramlia, Nor Amlizan. (2014). *Carboxymethylcellulose film for bacterial wound infection controland healing*. Carbohydrate Polymers. 2014(122): 367–375.

[42] World Health Organization.(2014). *A 25% relative reduction in the overall mortality from cardiovascular diseases ,cancer ,diabetes ,or chronic respiratory diseases*. Global status report on noncommunicable diseases. 2014: 9-22.

[43] Yu, Kuang-Cheng; Chen, Chien-Cheng; & Wu, Pei-Chen. (2011). *Research on Application and Rehydration Rate of Vacuum Freeze Drying of Rice*. Journal of Applied Sciences (2011): 535-541.

[44] Zeinab Fereshteh; et al. (2016). *Preparation and characterization of aligned porous PCL/zein scaffolds as drug delivery systems via improved unidirectional freeze-drying method.* Materials Science and Engineering C. 2016(68): 613-622.

ตัวฉันคือ...45

'สตาร์**

เมื่อฉันถูกนำมาใช้งานในช่วงแรก ๆ เมื่อหลายสิบปีก่อน ฉันถูกมองว่าเป็นเรื่องเกินจำเป็น เพราะไม่มีฉันเขาก็ทำงานได้ แต่การใช้บางครั้งก็ลำบากเหมือนกันกว่าจะปรับให้แม่นยำต้องใช้เวลา ยิ่งเมื่อเขาต้องการใช้เพื่อควบคุมจำนวนน้อย ๆ ยิ่งต้องใช้เวลานานมากกว่าจะจัดได้ ต่อมา เขาเห็นว่าภาระนี้ฉันทำแทนได้ เพียงแต่นำฉันมาใช้งาน ตั้งคำสั่งให้ชัดเจน ไม่ว่างานจะยากแค่ไหน ฉันรับประกัน **สี** (ฉัน) **ทำได้** ฉัน...ฉัน...**ฉันทำได้**

แต่ในปัจจุบันฉันถูกจำมาใช้มากเกินจำเป็น เอะอะอะไรก็เอาฉันมาใช้ ทั้ง ๆ ที่เดิมเคยไม่ต้องพึ่งพาฉันอาศัยความชำนาญเล็กน้อย คิดคำนวณบ้างนิดหน่อยบางครั้งแค่ปรับง่าย ๆ ไม่ได้ต้องการความแม่นยำอะไร จนบางทีฉันถูกนำมาใช้พร้อม กันถึงเกือบสิบเครื่อง เฮ้อ ช่างใช้พร่ำเพรื่อเสียจริง หรือคิดว่ามีเงินซื้อแต่ให้สมกับบทบาทที่คิดค้นฉันขึ้นมาเพื่อให้ทำงานที่ละเอียด แม่นยำ ยากและจำเป็นมาก ตัวของฉัน ตรงที่ทำงานหลัก คือ ปั๊ม (ซึ่งมี หลายลักษณะ) มีระบบท่อ (คอยลำเลียงสารเข้าและลำเลียงสารออก) มีการแสดงสถานะการทำงาน มีระบบการเตือนหากการทำงานไม่ตรงกับที่ตั้งค่าไว้ หรือเตือนเมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่ปลอดภัย (เช่น การอุดกั้น/การหลุด/สารหมด เป็นต้น) การที่ฉันต้องทำงานโดยมีความแม่นยำสูง ทนทาน (อึดนั่นแหละ) ด้วยความขยันขันแข็ง ตัวของฉันก็ต้องได้รับการดูแลเอาใจใส่บ้างไม่มาก แต่ขอให้สม่ำเสมอ

พอมาถึงตรงนี้ ก็คงจะพอรู้นะว่าฉันคือใคร **ฉันคือ เครื่องให้สารละลายเข้าทางหลอดเลือดดำ หรือเรียก infusion pump** ในเรื่องของการให้สารละลายเข้าในหลอดเลือดดำ มักจะถูกนำมาใช้เมื่อต้องการอัตราให้ที่แม่นยำ และให้นาน ๆ เครื่องอาจจะแบ่งคร่าว ๆ ได้เป็น 2 พวก คือ infusion pump (เครื่องปั๊ม) และ infusion controller (เครื่องควบคุม)

โดยทั่วไปเครื่องปั๊มสามารถควบคุมอัตราการไหลของสารได้ตั้งแต่ช่วง 1 ถึง 999 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และเครื่องควบคุมสามารถปรับอัตราการไหลได้ตั้งแต่ 3 ถึง 300 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง เครื่องอาจจะทำการเพียงช่องเดียว (channel) หรือทำพร้อมกันหลายช่องได้

สำหรับการให้สารที่มีขนาดน้อยมากหรือการไหลช้า (microfusion) เครื่องต้องมีความละเอียดสูง เช่น เครื่องที่ใช้กับทารก เครื่องที่ใช้กับยาลดปวดที่เรียก PCA (patient controlled analgesic) นอกจากนี้มี syringe pump ที่ใช้กับสารปริมาตรไม่มากด้วยอัตราน้อยกว่า 100 มล./ชม. วิธีการทำงานแทนที่จะใช้ปั๊มก็เป็นการดันก้านลูกสูบ

สารที่ให้มีหลายอย่างตั้งแต่ สารน้ำ ยาปฏิชีวนะ ยาลดปวด เคมีบำบัด สารอาหาร ด้วยหลักการเดียวกัน มีเครื่องปั๊มให้อาหารเข้าไปในกระเพาะอาหาร หรือลำไส้เล็ก

การบำรุงรักษาเครื่องให้สารละลายเข้าทางหลอดเลือดดำ

ก่อนเริ่มต้องตรวจพินิจด้วยนัยน์ตา อ่านคู่มือ (instruction and service manual) ที่แนะนำมาจากบริษัทผู้ผลิต ท่านต้องแน่ใจว่าเข้าใจการทำงานของเครื่อง ตัวบ่งชี้ ระบบการเตือนและการ บำรุงรักษาเครื่องที่เฉพาะเจาะจง (จากบริษัท ผู้ผลิต) ความถี่ในการบำรุงรักษา

อุปกรณ์ที่ต้องมีตอนบำรุงรักษา ใช้อุปกรณ์เสริมที่เป็นแบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (disposable) เช่น ชุดสายไอวี คาสเซทท์ กระบอกฉีด อุปกรณ์ อะไหล่ที่ต้องเปลี่ยน (อาจจะสัปดาห์ละครั้งหรือบ่อยตามการใช้งาน) น้ำชนิดไม่มีก๊าซ (degassed water) ขวดน้ำเกลือ (ที่หมดอายุการใช้งานก็ได้)

ต้องมีเครื่องวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำ หากจะทำการวัดที่อัตราการไหล ≥1 มล./ชม. แต่ถ้าหากไม่มีเครื่องวิเคราะห์ก็อาจจะใช้หลอดแก้วตวงความจุ 50 มล. มีขีดบอกรายละเอียด 1 มล. มีนาฬิกาจับเวลา การวัดการไหลอาจจะใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแทนได้ แต่เครื่องชั่งต้องมีช่วง 200 มก. และแยกรายละเอียดได้ถึง 0.1 มก. กรณีไม่เครื่องชั่ง อาจใช้ไปเปทท์ (pipette) ขนาด 5 มล. แยกรายละเอียดได้ถึง 0.1 มล. วางในแนวตั้ง คำนวณการไหลจากปริมาตรที่วัดได้และเวลา

ทำการเปิดให้เครื่องทำงานโดยใช้แบตเตอรี่ สังเกต ดูการเก็บประจุ ทำงานได้นานเท่าใด หากแบตเตอรี่อ่อนก็ต้องมีการเตือนด้วย ทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มก่อนส่งคืน

วิธีการบำรุงรักษาตามโปรแกรม

วิธีการบำรุงรักษาตามโปรแกรมของเครื่องให้สารละลาย (infusion pump) เครื่องให้สารละลายถือว่ามีความเสี่ยงอยู่ในระดับสูง ควรจะได้รับการบำรุงรักษา ปีละ 1 ครั้ง

เครื่องให้สารละลาย ในที่นี้ขอใช้วิธีการตามแนวของ ECRI ตามแบบฟอร์ม 409-20081015-01 ได้จัด เครื่องให้สารละลายเป็นเครื่องที่มีความเสี่ยงปานสูง ควรทำการดูแล ตรวจสอบใหญ่ทุก 12 เดือน

เครื่องมือที่ต้องใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือที่ต้องเตรียมพร้อมก่อนทำโปรแกรมการบำรุงรักษา ควรมี

(1) มิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหล หรือเครื่องวิเคราะห์ความปลอดภัยทางไฟฟ้า (leakage current meter or electrical safety analyzer)

(2) มิเตอร์วัดความดัน ที่มีค่า ≥50 psi

(3) เครื่องทดสอบการให้สารละลาย (infusion pump tester) หากมี

(4) หลอดแก้วตวงขนาด 50 มล. มีเส้นบอกความละเอียด 1 มล.

(5) เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ (electronic balance) มีช่วงการวัดได้ถึง 200 กรัม และสามารถแยกแยะรายละเอียดได้ 0.1 มก.

(6) หลอดแก้วไปเปทท์ (pipette) เป็นกระบอกตวงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ขนาด 5 มล.มีเส้นบอกความละเอียด 0.1 มล.

(7) นาฬิกาจับเวลาที่มีเข็มวินาที

ข้อควรระวัง

ก่อนเริ่มวิธีการทำการบำรุงรักษา ท่านต้องแน่ใจก่อนว่าท่านมีความเข้าใจการทำงานของเครื่อง การควบคุมและตัวบ่งชี้ที่มีนัยสำคัญ และความสามารถในการเตือน ก่อนเริ่มตรวจพินิจด้วยนัยน์ตา ท่านต้องแน่ใจก่อนว่า ท่านได้อ่านวิธีการจากหนังสือคู่มือของเครื่อง (จากบริษัทผู้ผลิต) จนเข้าใจดีแล้ว (ทั้ง instruction manual และ service manual) ในแง่ของ (1) การใช้งานเครื่อง (2) การแสดงของตัวบ่งชี้หรือการควบคุมที่มีนัยสำคัญ (3) ความสามารถของระบบการเตือน (4) ทบทวนวิธีการตรวจพินิจและวิธีการบำรุงรักษาของบริษัทผู้ผลิตหรือความถี่ในการกระทำที่ทางบริษัทแนะนำด้วย (5) อุปกรณ์ใช้ครั้งเดียวทิ้ง (disposable) ควรจะเปลี่ยนทุกสัปดาห์หรือบ่อยตามการใช้งานที่หลัก (6) ใช้น้ำที่ไม่มีลดก๊าซ (degassed water) และหากเป็นไปได้ให้เตรียมถุงใส่สารละลาย (ที่ไม่ได้ใช้งานในทางคลินิก หมดอายุ) และเซทไอวี

กรณีตั้งค่าการไหล 1มล/ชม. ต้องใช้เครื่องทดสอบการให้สารละลาย (infusion pump tester) ถึงจะสะดวกกว่า แต่หากไม่มีเครื่องนี้ใช้ ก็ให้ใช้การคำนวณปริมาตรขณะอยู่ในกระบอกตวงขนาด 50 มล. (มีขีดละเอียด 1 มล.) ต่อเวลา(ที่ต้องใช้นาฬิการจับเวลา) และหากต้องการควบคุมการไหลของสารที่น้อยกว่า 1 มล/ชม.ก็อาจต้องใช้วิธีการชั่งน้ำหนักแทน โดยการปล่อยสารลงในถ้วยตวง (beaker) แล้วเครื่องชั่งน้ำหนักก็มีช่วง 200 มก.และสามารถแยกแยะรายละเอียดได้ทุก 0.1 มก. หรืออาจจะใช้หลอดแก้วไปเปทท์ (จุ 5 มล.มีเส้นบอกระยะ 0.1 มล.) วางแนวตั้งยึดกับเสาน้ำเกลือแล้วคำนวณเทียบกับเวลา

ตรวจสอบการใช้งานของแบตเตอรี่ โดยเปิดใช้งานในโหมดนี้ดูว่านานเท่าใด แบตเตอรี่ชาร์จและเก็บประจุได้ และถ้ามีการเตือนว่าแบตเตอรีต่ำ ดูว่าการเตือนเชื่อถือได้ เมื่อตรวจสอบแล้วให้ชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็ม

วิธีการทำการบำรุงรักษา

ตามแบบฟอร์มหมายเลข 409-20081015-15 จะมีหัวข้อให้กระทำและบันทึก 4 ประเด็น คือ

(1) การตรวจเชิงคุณภาพ (qualitative tasks) เป็นการตรวจพินิจดูสภาพทั่วไป แล้วต้องรายงานผลการตรวจว่า ผ่าน หรือ ไม่ผ่าน

(2) การตรวจเชิงปริมาณ (quantitative tasks) โดยการวัดค่าต้องรายงาน ค่าที่วัดได้จริงและระบุว่า ผ่าน หรือ ไม่ผ่าน

(3) การรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance) ต้องรายงานว่าได้ทำอะไรไปบ้าง เช่น ทำความสะอาด หล่อลื่น ปรับเทียบค่า หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ เป็นต้น

(4) ตรวจหน้าที่การทำงาน ก่อนนำไปใช้งานจริง

1. การตรวจเชิงคุณภาพ (qualitative tasks)

สิ่งที่ต้องดู

✔ **ตัวถังของเครื่อง** (Chassis/Housing) ตรวจดูภายนอกทั่ว ๆ ไปของเครื่องให้สารละลาย ตัวถังภายนอกว่าสะอาดและอยู่ในสภาพดี ไม่มีคราบของของเหลวหรือสารใดๆติดอยู่ โดยเฉพาะส่วนที่มีการหมุ่น เช่น สวิทซ์หมุ่น กลไกของปั้มหรือตัวควบคุม ประเมินว่าในตัวเซนเซอร์ว่ามีอากาศอยู่ในสายนั้นมีคราบแห้งของสารอยู่หรือไม่ กลไกการรับรู้ความดัน กลไกการล็อคสาย/หรือคาสเซ็ท สังเกตคำอธิบายและเครื่องหมายต่างยังชัดเจนดี

✔ **การติดตั้งเครื่อง (Mount)** หากเครื่องให้สารละลายติดตั้งอยู่กับแป้นเสาน้ำเกลือ ตรวจดูสกรูที่ยึด แต่หากวางบนรถเข็น ให้ดูความมั่นคงดี ทั้งที่ยึดและรถ

✔ **ปลั๊กไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Plug)** ตรวจดูว่าปลั๊กอยู่ในสภาพดี ไม่แตกร้าว/หลุด บางครั้งต้องเขย่าแล้วฟังเสียง การหลุด/หลวม หากพบการชำรุดต้องแกะออกมาแก้ไข หากมีเต้ารับเหลืออยู่ ลองดึงปลั๊กออกมาเสียบเต้ารับอื่นดูว่ามั่นคงดี

✔ **สายไฟฟ้า (Line Cord)** ตรวจดูว่าไม่มีการเสียหาย ขาด แตก รอยไหม้ หากตำแหน่งที่ชำรุดอยู่ที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งอาจใช้วิธีตัดส่วนนั้นทิ้ง ทั้งนี้ต้องแน่ใจว่าต่อขั้วไฟฟ้าถูกต้อง

✔ **ลดความเค้นของสายไฟ (Strain Relief)** ตรวจดูสายไฟโดยเฉพาะปลายทั้งสองด้านว่าไม่มีความเค้นใด ๆ อาจมีตัวสวม (ที่ยึดหยุ่นได้) ที่ผู้ใช้ถอดไม่ได้

✔ **การยึดและข้อต่อ (Fittings/Connectors)** ตรวจสอบสายไฟฟ้าที่จะใช้เพื่อให้เครื่องใช้งาน ดูช่องเสียบและเต้ารับ สายไฟฟ้าตรง (ไม่มีคด/หักงอ) สะอาดดี ขั้วมีตัวสวมกันการหลุด

✔ **ปุ่มควบคุม/สวิทซ์ (Controls/Switches)** ตรวจดูปุ่มควบคุมและสวิทซ์ ดูสภาพ ภายนอกทั่วไป การยึดตรึง การหมุน ตรวจสอบปุ่มควบคุมในขณะที่เปิดใช้งานเครื่อง ดูว่าค่าที่ตั้งกับที่แสดงบนเครื่องตรงกัน ตลอดจนการหยุดของเครื่อง ตรวจสอบเมมเบรนสวิทซ์ว่าผิวของเมมแบรนต้องไม่แตก ร้าว ทะลุ หรือมีร่อยรอยขีดข่วน (จากปลายเล็บ/ปากกา) ตลอดจนการตรวจเช็คจนแน่ใจว่าปุ่มควบคุมและสวิทซ์ทำงานถูกต้อง

✔ **แบตเตอรี่ (Battery)** ตรวจพินิจสภาพของแบตเตอรี่ ขั้วต่อแบตเตอรี่ เปิดให้เครื่องให้สารละลายทำงานโดยใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ ดูการชาร์จแบต การเก็บประจุ หากแบตเตอรี่อ่อนต้องมีการเตือน แล้วต่อด้วยการทำงานจากพลังงานไฟฟ้า ดูว่าเครื่องยังคงทำงานต่อไปได้อีกนานเท่าใดหลังจากการเตือนแบตเตอรี่อ่อน

ทำการชาร์จแบตเตอรี่ให้เต็มก่อนส่งเครื่องให้ผู้ใช้ หากจำเป็นต้องเปลี่ยนแบตเตอรี่ก็ต้องทำ เมื่อเปลี่ยนแบตเตอรี่ใหม่ต้องเขียนบันทึกวันที่เปลี่ยนที่ตัวถังแบตเตอรี่ด้วย

✔ **ตัวบ่งชี้/แสดงผล (Indicators/Displays)** ตรวจสอบการทำงานของไฟทุกดวง ตัวบ่งชี้ มิเตอร์ เกจวัด และตัวแสดงผลที่มองเห็นบนเครื่อง หากเครื่องมีการแสดงผลเป็นดิจิตัล ต้องแน่ใจว่าทุก segment ใช้งานได้ (เครื่องส่วนใหญ่ในปัจจุบันจะมีการตรวจสอบการทำหน้าที่เหล่านี้อย่างอัตโนมัติเมื่อเปิดใช้งานเครื่องหรือขณะกดปุ่มกระตุ้นที่เรียก self-test)

✔ **การทดสอบตัวเอง (self-test)** กรณีที่เครื่องมีโหมดตรวจสอบตัวเอง ก็ให้ทดสอบหน้าที่นี้

✔ **การปรับตั้งเวลา/วันที่ (Time/Date Setting)** ตรวจสอบวัน/เวลาที่ปรากฏบนเครื่องถูกต้อง

✔ **การเชื่อมต่อเครือข่ายและระบบไร้สาย (Network/Wireless Interfaces)** ตรวจสอบระบบการปกป้องข้อมูลด้วยความเชื่อมั่นทั้งการเก็บและการส่งข้อมูลเข้าสู่อุปกรณ์ เช่น รหัสผ่านที่ใช้ ความถูกต้อง การเปิดระบบ การป้องกันไวรัส การอัพเกรด

เครื่อง ผ่านอุปกรณ์ VPN (virtual private network) และระบบไร้สายยังปลอดภัยดี ตลอดจนข้อมูลที่แบ็ตอัพสามารถจัดเก็บและดึงออกมาได้

✔ **การเตือน (Alarm)** ตรวจสอบความสามารถของเครื่องให้สารละลาย ในเรื่องการเตือน ตรวจสอบตามคู่มือว่าการทำงานของการเตือน เมื่อพบการเตือน ให้ดูทั้งเสียงและแสงที่แสดงการเตือนนั้น ว่าสามารถกระตุ้นเตือนผู้ใช้งานเครื่องได้ และการไหลนั้นหยุดหรือไม่ หรือไหลช้าลงจนเป็นแค่ไม่ให้หลอดเลือดดำอุดกั้น ที่เรียก KVO (keep vein open) คือ ที่ค่า <5 มล./ชม. ดูการเตือนที่ปริมาตรใด ๆ ตามที่ตั้งค่าไว้

ตั้งเครื่องให้ทำงานตามที่บริษัทผู้ผลิตแนะนำ ใช้สายไอวี สารละลาย(ที่หมดอายุ) หรือน้ำชนิด degassed water แน่ใจว่าไม่มีฟองอากาศ และจัดวางอุปกรณ์ทุกอย่างอย่างเหมาะสม ทำการตั้งค่าและทดสอบ

✔ **สัญญาณเสียง (Audible Signals)** เปิดให้เครื่องทำงาน (เช่น กดปุ่มอัตราการไหล) จัดการให้การเตือนด้วยเสียงทำงาน จัดการเรื่องความดังของเสียง และการปรับตั้งความดังของเสียง

✔ **ประตูเปิด/ไม่ได้ใส่สายเข้าเครื่อง (Door Open/Misloaded Infusion Set)** ทดสอบว่ามีการเตือนขณะมีการเปิดฝาเครื่องเพื่อใส่สายเข้าไป

✔ **กลไกการป้องการไหลแบบอิสระ (Free-Flow Prevention Mechanism)** เมื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์พร้อม ถุงสารละลายอยู่สูงกว่าเครื่องประมาณ 2 ฟุต ตัวหนีบ (clamp) เปิด ทำการปิดสวิทซ์เป็น power off เมื่อกระทำดังนี้ จะต้องไม่มีสารละลายไหลออกมา แสดงว่ากลไกการหยุดการไหลใช้ได้ กรณีที่สองเอาถุงวางต่ำกว่า (วางที่พื้น) จะต้องมั่นใจไม่มีสารไหลออกมา

✔ **การอุดกั้น (Occlusion)** ทดสอบการอุดกั้นทั้งชนิดที่เป็น upstream และ downstream คือ การอุดกั้นส่วนต้นด้วยการหนีบสายที่ตำแหน่งที่ต่ำกว่าถุงสารละลาย และการอุดกั้นส่วนปลายด้วยการเอาจุกอุดปลายทางออกไม่ให้สารไหล เครื่องควรเตือน

✔ **ป้ายฉลากต่างๆ (Labeling)** ตัวหนังสือที่เขียนต้องชัดเจนและระบุความเฉพาะของการทำหน้าที่ และป้ายแนะนำการใช้ที่เหมาะสม

2. การตรวจเชิงปริมาณ (quantitative tasks)

สิ่งที่ทำการวัด คือ

✔ **วัดค่าความต้านทานของการกราวนด์ (Grounding Resistance)** โดยใช้โอห์มมิเตอร์ หรือเครื่องวิเคราะห์ความปลอดภัยทางไฟฟ้าหรือมัลติมิเตอร์ที่มีความละเอียดสูง ทำการวัดและบันทึกค่าที่วัดได้ ค่าความต้านทานระหว่างขากราวนด์ของสายไฟฟ้ากับตัวถัง(ที่เป็นโลหะ) ค่าที่วัดได้ไม่ควรเกิน 0.5 โอห์ม แต่หากตัวถังของเครื่องเป็น DI (double insulated) ก็ไม่มีความจำเป็นต้องวัดค่านี้

✔ **ความแม่นยำของการไหล (Flow Accuracy)** ตรวจสอบด้วยการวัดค่าการไหล ว่ามีค่าความผิดพลาด ≥ 1 มล./ชม.จากค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งมักจะใช้อยู่ 2 ค่า คือ 10 และ100 มล./ชม.

ด้วยการใช้เครื่องวิเคราะห์เครื่องให้สารละลาย หรือด้วยการใช้ถ้วยเก็บสารละลายที่ถูกผลักออกมา ใช้นาฬิกาจับเวลา หรือนาฬิกาที่มีเข็มวินาที จนกว่า

สารละลายที่ออกมาในถ้วยถึงจำนวน 10 มล. จึงเอาเวลาที่ใช้กับปริมาตรสารที่เก็บออกมามาจำนวนหาอัตราการไหล ใช้หน่วย มล./ชม.

นำมาคำนวณหาค่าที่ผิดพลาด โดยใช้สูตร

$$\% \text{ error} = \frac{\text{Actual} - \text{Desired rate}}{\text{Desired rate}} \times 100\ \%$$

พึงระลึกเสมอว่าวิธีการทำต้องอาศัยความอดทนและเอาใจใส่เป็นพิเศษ เครื่องให้สารละลายที่ให้ทางหลอดเลือดดำ ควรมีความผิดพลาดน้อย คือ 5% แต่ถ้าเป็นเครื่องให้สารอาหารทางกระเพาะอาหาร ยอมให้มีความผิดพลาดได้ 10% กลุ่มนี้มักจะเรียกว่า infusion controller ซึ่งไม่สมควรนำมาใช้ในหอผู้ป่วยวิกฤตในการให้สารละลายเข้าทางหลอดเลือดดำ

✔ **ค่าความดันสูงสุด (Maximum Pressure)** ใช้ค่าที่อ้างอิงเป็นเกณฑ์ (หมายเหตุ จะไม่กระทำในเครื่องที่เป็น infusion controller) วิธีการทำเอาสายปลายด้านออกมาต่อเข้ากับ มิเตอร์ความดัน หรือเครื่องวิเคราะห์การให้สารละลาย เริ่มให้เครื่องทำงานโดยการตั้งค่า การไหลที่ 10 และ 100 มล./ชม. ทำการบันทึกความดันที่เกิดขึ้น เปิดให้เครื่องทำงานอีกครั้งหนึ่งหลังจากมีการเตือนการอุดกั้น จนได้ค่าความดันสูงสุด

✔ **การพิเคราะห์ฟองอากาศอยู่ในสาย (Air-in-Line Detection)** หมายเหตุ บางเครื่องไม่มีตัวพิเคราะห์ฟองอากาศในสาย เช่น syringe pump, PCA, ambulatory pump, ปั๊มให้อาหารทางกระเพาะอาหาร ในบางเครื่องให้สารละลายการเตือนนี้จะคล้ายกับการเตือนว่าสารละลายหมด ให้เครื่องทำงานที่อัตราการไหล 100 มล./ชม. ทดสอบหน้าที่นี้ด้วยการให้ฟองอากาศเข้าไป (ด้วยการจับกระเปาะที่สารหยดพลิกให้อากาศเข้าไปเล็กน้อย หรือจะด้วยการฉีดฟองอากาศเข้าไปที่ตำแหน่งระหว่างถุงบรรจุสารกับตัวพิเคราะห์ (air-in-line detector) ก็ได้

ความไวในการตรวจจับฟองอากาศในสายมักจะให้เครื่องทริกเกอร์ที่ค่ามากกว่า 100 μL (หากตั้งที่ค่า 50 μL อาจจะสร้างความรำคาญจากการเตือนที่พบบ่อย) ค่า 50 และ 100 μL ก็เทียบเท่ากับเมื่อใช้ insulin syringe ขนาด U-100 คือ ค่า 5 และ 10 units ตามลำดับ

✔ **วัดกระแสไฟฟ้ารั่วไหลจากตัวถังเครื่อง (Chassis Leakage Current)** ทำการวัดกระแส ไฟฟ้าที่รั่วไหลจากตัวถังเครื่องสู่กราวนด์ โดยทำการวัดทุกโหมดปกติ ทั้งขณะเปิด (on) ขณะพร้อมใช้ (standby) และขณะปิด (off) ทำการบันทึกค่ากระแสรั่วไหลสูงสุด ซึ่งกระแสไฟฟ้าที่รั่วไหลไม่ควรเกิน 300 ไมโครแอมแปร์

3. การรักษาเชิงป้องกัน (preventive maintenance)

✔ **เปลี่ยนอุปกรณ์ (Replace)** เปลี่ยนแบตเตอรี่และ/หรือนาฬิกา (memory battery/cell) หากจำเป็นตามเวลาที่เขียนไว้

4. ตรวจหน้าที่การทำงานก่อนนำไปใช้งานจริง

แน่ใจว่า แบตเตอรี่ชาร์จเต็มแล้ว

Ambulatory Infusion Pumps

Procedure No. 490-20081015-01 (Major)

Facility:	Dept:	
WO No.: __________	Date: __________	Inspector: ________
Mfr: ______________	Model: _________	SN: _____________
CTRL No.: ________	Loc: ___________	IPM Time: __.___hr

SPECIAL PRECAUTIONS

TEST APPARATUS	
	Controls/Serial No.
Electrical safety analyzer	
Pressure meter (≥50 psi)	
Infusion pump tester - optional	
50 ml graduated cylinder (1 ml graduations)	
Electronic balance (200 g. range, 0.1 mg resolution)	
5 ml. pipette (0.1 ml graduations)	
Stopwatch or watch that displays seconds	

QUALITATIVE TASKS		
Pass	Fail	
		Chassis/Housing
		Mount
		AC Plug
		Line Cord
		Strain Reliefs
		Fittings/Connectors
		Controls/Switches
		Battery
		Indicators/Displays

QUALITATIVE TASKS		
Pass	Fail	
		Self Test
		Time/Date Settings
		Network/Wireless Interfaces
		Alarms
		Audible Signals
		Open Door/Misloaded Infusion Ser
		Free flow Prevention Mechanism
		Occlusion
		Labeling

QUANTITATIVE TASK					
	Criteria	Set/Indicated	Measured	Pass	Fail
Grounding Resistance	≤0.5Ω				
Flow Accuracy	±5%,				
Maximum Pressure	±1 psi of acceptance test pressure				
Air in Line Detection	50 to 100 ml.				
Chassis Leakage Current	≤300μA				

PREVENTIVE MAINTENANCE	
Done	
Replace	

NOTES

***ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศรี ดาวฉาย**

ผู้สนับสนุนงานประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32	
ชื่อบริษัท	**ที่อยู่**
ห้างหุ้นส่วนจำกัด วีว่า แคร์	49/246 ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150 089 918 4579 02 152 5272 V_care_2004@hotmail.com
บริษัท เจพีพี แคร์ จำกัด	406/1 ซอยสุขุมวิท 68 แขวงบางนาเหนือ เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 02 107 2412-3 / 097 225 5648 02 550 6350 sale@jppcare.com
บริษัท โซวิค จำกัด	448,450 ซอยศุภราช ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กรุงเทพฯ 10400 02 090 2591 02 271 3737 info@xovic.com

ผู้สนับสนุนงานประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32	
ชื่อบริษัท	**ที่อยู่**
Think Quality Think DS **บริษัท ดีเอสเมท จำกัด**	359 ถนนพุทธมณฑล สาย 4 ตำบลกระทุ่มล้ม อำเภอสามพราน จังหวัดนครปฐม 73220 02 4313698 / 082-561-5624 FAX 02 431 3698 ceodsmet@gmail.com
Prime Medical Company Limited **บริษัท ไพร์ม เมดิคอล จำกัด**	111 แขวงพลับมาลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310 02 934 2170-80 / 082 782 2653 FAX 02 934 2178 kriengsak@prime.co.th
FRESENIUS KABI **บริษัท เฟรเซนีอุส คาบี (ไทยแลนด์) จำกัด**	93/1 แขวงลุมพินี เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 02 021 9800 / 095 009 1654 Puttipong.Luankoson@fresenius-kabi.com

ผู้สนับสนุนงานประชุมวิชาการอุปกรณ์การแพทย์ ครั้งที่ 32	
ชื่อบริษัท	**ที่อยู่**
Air Liquide (Thailand) Ltd.	14th Floor, Vorawat Bldg, Unit 1401-1402 849 Silom, Bangrak, Bangkok 10500 +66 84 555 4943 +66 2 635 1602 Pongthep.thong-ia@airliquide.com
บริษัท ทรีท เมด จำกัด	70 ซอยรัตนาธิเบศร์ 28 แยก 2 ตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000 02 965 5585 / 086 313 9734 02 965 5560 Treat_Med@yahoo.com

STC MEDIA & MARKETING

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด

STC MEDIA & MARKETING CO., LTD.

พิมพ์งาน คุณภาพสูง ด้วยระบบดิจิตอลออฟเซ็ท 4 สี

รับจัดทำงานออกแบบ
หนังสือวารสาร
นิตยสาร
รายงานประจำปี
โบรชัวร์
โปสเตอร์
หนังสือรุ่น
แค็ตตาล็อก
คู่มือผลิตภัณฑ์
สื่อโฆษณาทุกชนิด
ทำเนียบผู้ประกอบการ
งานสิ่งพิมพ์ทุกชนิด
ตำราวิชาการของ-
มหาวิทยาลัยต่างๆ
คู่มือประจำตัวนักศึกษา-นักเรียน

บริษัท เอสทีซี มีเดีย แอนด์ มาเก็ตติ้ง จำกัด

69 ซอยประชานุกูล 3 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

Tel. 0-2910-0813-4, 0-2556-1112-3, 0-2586-8887 Fax : 0-2556-1117, 0-2910-1431

E-mail : stcmedia2000@yahoo.com, stcmedia2016@gmail.com

การตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก

Cervical Cancer Screening

มะเร็งปากมดลูก

- พบมากเป็นอันดับ 2 รองจากมะเร็งเต้านม แต่มีอัตราการเสียชีวิตเป็นอันดับ 1
- สาเหตุหลักเกิดการติดเชื้อไวรัส HPV (Human Papilloma Virus)
- มะเร็งปากมดลูกในระยะแรกไม่แสดงอาการ แต่จะเริ่มแสดงอาการเมื่อเข้าสู่มะเร็งระยะลุกลาม ทำให้ยากต่อการรักษา
- หากตรวจพบความผิดปกติตั้งแต่ระยะแรก สามารถรักษาให้หายได้
- เชื้อไวรัส HPV ติดได้ทั้งเพศหญิงและชาย

คุณควรตรวจ !! หากคุณเป็นคนหนึ่งที่มี ความเสี่ยง ต่อการเป็นมะเร็งปากมดลูก

- / เคยผ่านการมีเพศสัมพันธ์
- / มีเพศสัมพันธ์ตั้งแต่อายุน้อย
- / มีคู่นอนหลายคน เปลี่ยนคู่นอนบ่อย
- / ไม่เคยมีเพศสัมพันธ์ แต่มีอายุ 30 ปีขึ้นไป
- / สูบบุหรี่ (เป็นการเพิ่มความเสี่ยง)
- / ภูมิคุ้มกันต่ำ
- / ทานยาคุมกำเนิดเป็นเวลานาน
- / ไม่เคยตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูก
- / พบอาการน่าสงสัย

วิธีตรวจคัดกรอง

แบบดั้งเดิม

1. วิธีแปปสเมียร์ (Pap smear)
เป็นวิธีที่ใช้มานานกว่า 60 ปี เซลล์ซ้อนทับกัน มีมูกและเม็ดเลือดแดงบดบังเซลล์ผิดปกติ ทำให้อ่านผลยาก มีโอกาสผิดพลาดสูง และไม่สามารถส่งต่อเพื่อตรวจ HPV DNA Test

แบบใหม่

2. วิธีลิควิดเบส (Liquid Base Cytology)
พัฒนาขึ้นเพื่อลดข้อจำกัดของวิธีแปปสเมียร์ ทำให้อ่านผลได้ง่ายขึ้น เพิ่มความไวในการตรวจพบเซลล์ผิดปกติมากกว่าวิธีแบบดั้งเดิม และสามารถส่งตรวจ HPV DNA Test ได้

3. วิธีตรวจหาเชื้อไวรัสเอชพีวี (HPV DNA)
การตรวจหาเชื้อไวรัส HPV ที่เป็นสาเหตุของมะเร็งปากมดลูก ผลจึงแม่นยำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการตรวจคัดกรองแบบอื่นๆ

Cervical Cancer Screening Products

Liquid Base Preserve Cell

SURE PREP Liquid Base Cytology

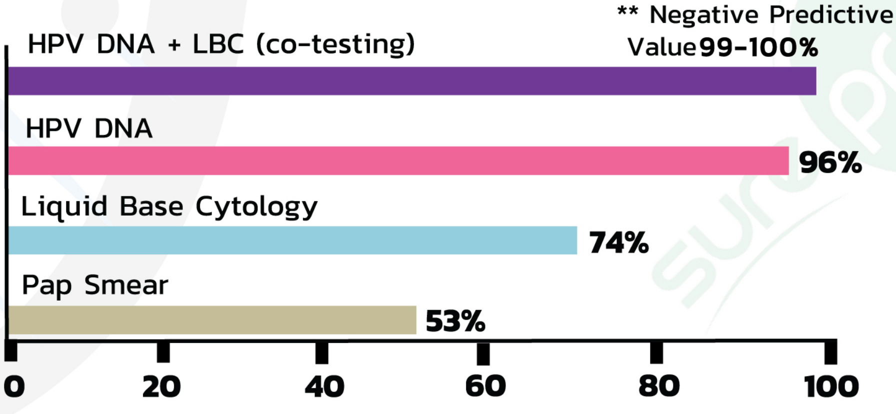
HPV DNA Reagent

1. HPV DNA Test Real time PCR
14 High risks (genotype 16,18)
2. HPV DNA Test Real time PCR
15 High risks (genotype 16,18)
3. HPV DNA Test Real time PCR
15 High risks (Fully genotype)
4. HPV DNA Test Real time PCR
18 High risks (genotype 16,18)

ผลงานการถ่ายทอดเทคโนโลยี จากงานวิจัย คณะแพทย์ศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

Sensitivity

ความไวในการตรวจพบความผิดปกติด้วยวิธีการต่างๆ



Reference: 1. Clavel C , et al . BJC 2001;89:616 , 2. Cuzick J, et al . IJC 2006;119:1095. 3. Ronco G, et al. JNCI 2006;98:765

PCN HEALTHCARE

บริษัท พี ซี เอ็น เฮลธ์แคร์ จำกัด
326/2 ซอยจรัญสนิทวงศ์ 67 แขวงบางพลัด
เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700

Contact Us
PCN Healthcare@Home
PCN Healthcare Co., Ltd
061-7259180 ,090-8805531

Belief is everything

ลงทุนพัฒนาธุรกิจ
ด้วยเครือข่าย ธุรกิจระดับประเทศ

B2B2C E-Commerce Platform
ธุรกิจการขายสินค้าผ่านทันใจดี E-Catalogue
คัดสรรสินค้าคุณภาพที่ตรงใจผู้บริโภคท้องถิ่น

Media & Marketing Solutions
ธุรกิจเครือข่ายสื่อโฆษณา และการทำการตลาด
แบบคู่ขนานให้กับแบรนด์บนร้านค้าเครือข่ายทันใจดี

Investment and Network Partnership Marketing Solutions
การสร้างความร่วมมือการตลาด
กับแบรนด์ เพื่อสร้างประโยชน์
ทางธุรกิจด้วยศักยภาพของเครือข่าย

ต่อยอดความสำเร็จให้กับธุรกิจคุณ

ติดต่อบริษัท B52

www.b52.co.th