



ราชบัณฑิตยสภา

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๔ ฉบับที่ ๒
(เมษายน-มิถุนายน ๒๕๖๘)

ISSN 2774-1338 (Online)



ราชบัณฑิตยสภา

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

Bulletin of the Academy of Science
The Royal Society of Thailand

ปีที่ ๔ ฉบับที่ ๒
(เมษายน-มิถุนายน ๒๕๖๘)

ISSN 2774-1338 (Online)

ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร.วัลลภ สุระกำพลธร
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์
ศาสตราจารย์ ดร.สวัสดี ตันตระรัตน์
ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.สุดา เกียรติกำจรวงศ์
ศาสตราจารย์ นพ.ยง ภู่วรรณ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สายชล เกตุษา

ศาสตราจารย์ ดร. ภก.ชยันต์ พิเชียรสุนทร
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.สาวิตรี ลิ้มทอง

ผู้อำนวยการกองวิทยาศาสตร์

ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
และสัตวแพทยศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ประธานสำนักวิทยาศาสตร์

บรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ

ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์

บรรณาธิการประจำฉบับ

ศาสตราจารย์ ดร.ชิดชนก เหลือสินทรัพย์
ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว

ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ นพ.ก้องเกียรติ ภูณท์กันทรารกร
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์

ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
และสัตวแพทยศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร. ทพญ.วราพันธ์ บัวจีบ
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ภก.สมพล ประคองพันธ์
ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรัตถพล เจริญพันธุ์
ศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา
ศาสตราจารย์ ดร. ภก.พรศักดิ์ ศรีอมรศักดิ์
ศาสตราจารย์ ดร.มะลิ หุ่นสม
ดร.วิยงค์ กังวานสุขมงคล
ศาสตราจารย์ ดร.สีกมณ เทพหัสดิน ณ อยุธยา
ศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา เรืองแสง
ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร

ราชบัณฑิต ประเภทวิชาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์
ราชบัณฑิต ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิศวกรรมศาสตร์
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาเทคโนโลยี
ภาคีสมาชิก ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร
และสัตวแพทยศาสตร์

นางสาวมณฑิรา เกษมสุข
นางสาวยลดา ไยประยูร

นักวรรณศิลป์ชำนาญการ กองวิทยาศาสตร์
นักวรรณศิลป์ชำนาญการ กองวิทยาศาสตร์

สารบัญ

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง	ก
ชิดชนก เหลือสินทรัพย์ และ สุภา หารหนองบัว	
เลนส์แก้วตาเทียม : การฟื้นฟูการมองเห็นในผู้ป่วยต้อกระจก	๑
(Intraocular lenses: restoring vision in cataract patients)	
สบง ศรีวรรณบุรณ์	
โรคลิชมาเนีย	๖
(Leishmaniasis)	
ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ, มานพ แซ่อึ้ง และ เผด็จ สิริยะเสถียร	
หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม : ทางเลือกใหม่เพื่อชีวิตที่ดีกว่า	๑๒
(Robotic assisted knee arthroplasty: high technology for better quality of Life)	
กীরติ เจริญชลวานิช	
ไส้เดือนชายหาด	๑๙
(Littoral earthworm)	
ธีระพงศ์ สีสุมทร์ และ สมศักดิ์ ปัญหา	
ผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทย	๒๔
(Himalayan giant honeybees in Thailand)	
ชวธัช ธนุสิงห์, ณัฐพจน์ วาฤทธิ, อิศราพงษ์ วรผาบ และ สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ	
ขอบเขตความสามารถของเอไอ	๓๑
(Capability Limit of AI)	
ชิดชนก เหลือสินทรัพย์	
สุขภัณฑ์คัดแยกปัสสาวะมนุษย์เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม	๓๖
(Urine separated toilet for agricultural production and environmental protection)	
อานัฐ ตันโช	
ข้อสรุปจากการประชุมวิชาการและนิทรรศการ เรื่องอาหารเพื่อชีวิต :	๔๒
สุขภาพ ความปลอดภัยและนวัตกรรมอาหารของคนไทยสู่ชาวโลก	
(Summary of the conference and exhibition on food for life: health, safety, and food innovation from Thailand to the global stage)	
อรอนงค์ นัยวิกุล, อุทัยรัตน์ ณ นคร และ สุภา หารหนองบัว	

บรรณาธิการประจำฉบับแถลง

ขอต้อนรับสู่จุลสารของสำนักวิทยาศาสตร์ ฉบับนี้มีบทความทั้งหมด ๘ บทความในหลายสาขาที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์ ชีววิทยา เอไอ และสิ่งแวดล้อมกับการเกษตรซึ่งน่าสนใจและเข้าใจง่าย เนื้อเรื่องย่อของแต่ละบทความเป็นดังนี้

เลนส์แก้วตาเทียม : การฟื้นฟูการมองเห็นในผู้ป่วยต้อกระจก บทความอธิบายความสำคัญของโรคต้อกระจกที่รักษาได้โดยใช้เลนส์แก้วตาเทียม รวมทั้งเทคโนโลยีของเลนส์แก้วตาเทียมและวิธีดูแลผู้ป่วยหลังเปลี่ยนเลนส์

โรคลิมาเนีย บทความกล่าวถึงความสำคัญของโรคลิมาเนียซึ่งมีตัวรีนฝอยทรายเป็นพาหะนำเชื้อและกล่าวถึงสถิติต่าง ๆ รวมทั้งภูมิภาคต่าง ๆ ของโลกที่เกี่ยวข้องกับโรคนี้

หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม : ทางเลือกใหม่เพื่อชีวิตที่ดีกว่า บทความนี้กล่าวถึงความก้าวหน้าทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนข้อเข่าเทียมโดยใช้หุ่นช่วย งานนี้ผสมเทคโนโลยีหุ่นยนต์ เอไอ และคอมพิวเตอร์ร่วมกับความรู้ทางการแพทย์วิธีนี้ทำให้แพทย์สามารถวางแผนผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมจากแบบจำลองสามมิติที่สร้างหุ่นยนต์ได้ล่วงหน้าและกำหนดตำแหน่งต่าง ๆ ของชิ้นส่วนได้แม่นยำมาก

ไส้เดือนชยหาด บทความนี้กล่าวถึงไส้เดือนที่พบบริเวณชยหาดต่าง ๆ ทั่วโลก รวมทั้งสรุปชนิดของไส้เดือนชยหาด ลักษณะทางกายภาพของไส้เดือน

ผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทย บทความนี้กล่าวถึงลักษณะทางชีววิทยาของผึ้งหลวงหิมาลัยที่พบในประเทศไทย รวมทั้งเสนอให้อนุรักษ์ผึ้งชนิดนี้เนื่องจากการมีอยู่ของผึ้งมีผลกระทบต่อสภาพทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในประเทศไทย

ขอบเขตความสามารถของเอไอ บทความนี้วิเคราะห์ขอบเขตความสามารถของเทคโนโลยีเอไอบนพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ขอบเขตความสามารถนี้กำหนดว่าปัญหาประเภทใดควรใช้เทคโนโลยีเอไอไปช่วยหาคำตอบ

สุขภัณฑ์คัดแยกปัสสาวะมนุษย์เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม บทความนี้เสนอให้แยกสิ่งที่ขับถ่ายของคนออกเป็น ๒ ประเภท คือของแข็งและของเหลวโดยใช้โถส้วมที่ออกแบบพิเศษ การแยกแบบนี้ทำให้น้ำสิ่งที่ขับถ่ายแบบของแข็งนำไปทำปุ๋ยได้อย่างเหมาะสม

และบทความสุดท้ายเป็นข้อสรุปจากการประชุมวิชาการและนิทรรศการ เรื่องอาหารเพื่อชีวิต : สุขภาพ ความปลอดภัยและนวัตกรรมอาหารของคนไทยสู่ชาวโลก บทความนี้ได้นำเสนอการบูรณาการการวิจัยและนวัตกรรมด้านเกษตร อาหาร สุขภาพเพื่อผลักดันนโยบายด้านอาหารของไทยในอนาคตเพื่อสังคมที่ยั่งยืน

บรรณาธิการประจำฉบับขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.สมชาย วงศ์วิเศษ ที่ให้คำแนะนำในการจัดเตรียมบทความ ศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.มงคล เดชนครินทร์ ที่กรุณาตรวจแก้ไขภาษา ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรุตพล เจริญพันธุ์ ที่ช่วยจัดเตรียมรูปเล่ม และ ศาสตราจารย์ ดร.สักรกมล เทพหัสดิน ณ อยุธยา ที่ช่วยเผยแพร่จุลสารบนเว็บไซต์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

หวังว่าท่านผู้อ่านคงได้รับความรู้และเพลิดเพลินกับบทความเหล่านี้

ศาสตราจารย์ ดร.ชิตชนก เหลือสินทรัพย์ ราชบัณฑิต
ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
ศาสตราจารย์ ดร.สุภา หารหนองบัว ภาควิชา
ประเภทวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ
สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา
ทำหน้าที่คณะบรรณาธิการประจำฉบับ

นางสาวมณฑิรา เกษมสุข
เจ้าหน้าที่สำนักงานราชบัณฑิตยสภา
ทำหน้าที่ผู้ประสานงานประจำฉบับ

เลนส์แก้วตาเทียม : การฟื้นฟูการมองเห็นในผู้ป่วยต้อกระจก (Intraocular Lenses: Restoring Vision in Cataract Patients)

สบง ศรีวรรณบุรณ์

ภาควิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล

ภาควิชาจักษุวิทยา สาขาวิชาจักษุวิทยา ประสาทวิทยาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์ สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา, sabong.sri@mahidol.ac.th

บทนำ

การมองเห็นเป็นหนึ่งในประสาทสัมผัสที่สำคัญอย่างยิ่งของมนุษย์เพราะเกี่ยวข้องโดยตรงกับความสามารถในการดำรงชีวิตประจำวันและการสื่อสารกับผู้อื่น เมื่อการมองเห็นเริ่มเสื่อมถอยลง ไม่เพียงแต่ประสิทธิภาพในการทำกิจกรรมต่าง ๆ จะลดลง แต่สุขภาพจิตและคุณภาพชีวิตโดยรวมก็จะได้รับผลกระทบด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้สูงอายุที่มักเผชิญกับปัญหาภาวะต้อกระจก (cataract) ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุหลักของการสูญเสียการมองเห็นทั่วโลก (GBD, 2024: 2156)

ต้อกระจกเกิดจากการที่เลนส์แก้วตาธรรมชาติภายในลูกนัยน์ตา (crystalline lens) ขุ่นมัว ทำให้แสงไม่สามารถเดินทางผ่านเข้าสู่จอตา (retina) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลให้ผู้ป่วยมองเห็นพร่ามัว มองเห็นภาพซ้อน หรือมีปัญหาเกี่ยวกับแสงจ้า โดยเฉพาะในเวลากลางคืน ต้อกระจกนี้เป็นภาวะที่พบได้บ่อยในผู้ป่วยที่มีอายุมากขึ้น มักพบมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของกลุ่มประชากรที่มีอายุสูงกว่า ๖๐ ปี และเป็นสาเหตุของการสูญเสียสมรรถภาพในการมองเห็น (Hashemi et al, 2020: 1357) การเกิดต้อกระจกนี้ นอกจากจะสัมพันธ์กับอายุแล้วยังพบว่าสัมพันธ์กับภาวะโรคบางชนิดด้วย เช่น เบาหวาน การใช้ยากลุ่ม steroid แสงอัลตราไวโอเลต (ยูวี) การสูบบุหรี่ การขาดสารอาหารบางชนิด และภาวะสายตาสั้น (สบง, ๒๕๕๑: ๒)

การรักษาต้อกระจกที่เป็นมาตรฐานในปัจจุบันคือการผ่าตัดนำเลนส์แก้วตาที่ขุ่นออกและใส่เลนส์แก้วตาเทียม (Intraocular Lens: IOLs) เข้าไปแทนที่ การผ่าตัดต้อกระจกในปัจจุบันเป็นการผ่าตัดชนิดแผลเล็ก โดยใช้คลื่นเสียงเข้าไปสลายต้อกระจกแล้วจึงใส่เลนส์แก้วตาเทียมเข้าไปแทนที่ เป็นการรักษาที่มีประสิทธิภาพสูง ได้ผลดี และปลอดภัย ความสามารถในการมองเห็นของผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดเช่นนี้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับผลสำเร็จของการผ่าตัดแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดของเลนส์แก้วตาเทียมที่เลือกใช้ด้วย

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับลักษณะของเลนส์แก้วตาเทียมประเภทต่าง ๆ ประโยชน์ ข้อจำกัด ข้อบ่งชี้ ข้อควรระวัง รวมถึงการดูแลหลังการผ่าตัดและภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้น เพื่อให้ผู้ป่วยและญาติสามารถตัดสินใจร่วมกับแพทย์ได้อย่างมั่นใจและมีข้อมูลครบถ้วน

ลักษณะของเลนส์แก้วตาเทียม

เลนส์แก้วตาเทียม (IOLs) คืออุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ทดแทนเลนส์ธรรมชาติของตา เลนส์ชนิดนี้มีขนาดเล็กมาก ออกแบบมาให้ใส่เข้าไปอยู่ในตำแหน่งเดิมของเลนส์ธรรมชาติอย่างถาวร โดยทั่วไปจะมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ ๖ มิลลิเมตร และสามารถพับหรือม้วนให้มีขนาดเล็กลงเพื่อใส่ผ่านแผลที่มีขนาดเล็กกว่า ๓ มิลลิเมตรได้

วัสดุที่ใช้ในการผลิตเลนส์แก้วตาเทียมมีหลายชนิด (Canovic et al, 2019) ได้แก่ :

- อะคริลิก (acrylic): อะคริลิกเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ทำปฏิกิริยากับดวงตา สามารถพับงอได้ดี จึงเหมาะแก่การสอดใส่ผ่านแผลขนาดเล็ก
- ซิลิโคน (silicone): ซิลิโคนมีน้ำหนักเบา และความใสสูง สามารถพับได้เช่นกัน แต่มีความเสี่ยงต่อการเกาะของสารแคลเซียมในตัวเลนส์แก้วตาเทียมในภายหลัง
- พอลิเมอร์ชนิดพิเศษอื่น ๆ : เช่น hydrogel หรือ PMMA (polymethylmethacrylate) ซึ่งมักใช้ในกรณีเฉพาะหรือการผ่าตัดแบบพิเศษ

วัสดุของเลนส์แต่ละชนิดจะมีสมบัติเฉพาะด้านที่อาจจะแตกต่างกันออกไป เช่น ความสามารถในการกรองแสงอัลตราไวโอเล็ต (ยูวี) หรือแสงสีฟ้า (blue light blocking)

ประเภทของเลนส์แก้วตาเทียม

ในการเลือกประเภทของเลนส์แก้วตาเทียมที่จะใช้แต่ละชนิด เราควรพิจารณาจากลักษณะทางคลินิกของผู้ป่วย ภาวะของดวงตา ความต้องการด้านการใช้สายตา และวิถีชีวิต ประเภทของเลนส์แก้วตาเทียมนั้นสามารถแบ่งได้โดยดูจากลักษณะการรวมแสงหรือการโฟกัสของเลนส์ ดังนี้ (Terhorst, 2025)

๑. เลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสตำแหน่งเดียว (monofocal IOLs)

เลนส์ชนิดนี้เป็นเลนส์มาตรฐานที่ใช้กันในปัจจุบัน ให้การมองเห็นคมชัดในระยะใดระยะหนึ่ง โดยทั่วไปจักษุแพทย์มักจะเลือกให้ผู้ป่วยสามารถมองเห็นในระยะไกลได้ดี เช่น ขับรถหรือดูโทรทัศน์ แต่ยังคงจำเป็นต้องใช้แว่นสายตาสำหรับการอ่านหนังสือ ทำงานในระยะใกล้ รวมถึงการใช้คอมพิวเตอร์ในระยะกลาง

๒. เลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสหลายตำแหน่ง (multifocal IOLs)

เลนส์ชนิดนี้เป็นเลนส์ที่ออกแบบให้สามารถมองเห็นได้ชัดหลายระยะ ซึ่งมีทั้งระยะใกล้และไกล (bifocal IOLs) หรือระยะใกล้ ระยะกลาง และระยะไกล (trifocal IOLs) ด้วยการใช้เทคโนโลยีการแบ่งการรวมแสงหรือโฟกัสด้วยวิธีการเลี้ยวเบน (diffraction) ที่พื้นผิวของเลนส์ แต่การมองเห็นจะชัดเฉพาะในระยะที่แสงรวมตัวหรือโฟกัสกันเท่านั้น นอกกระยะที่ระบุจะมองได้ไม่ชัดต่อเนื่อง เลนส์ชนิดนี้เหมาะแก่ผู้ที่ต้องการลดการพึ่งพาแว่นสายตาหลังการผ่าตัด แต่เนื่องจากแสงแบ่งตัวออกมากกว่า ๑ ระยะ จึงอาจทำให้ผู้ใช้เห็นแสงฟุ้งกระจายหรือแสงรอบดวงไฟ (halos) ในตอนกลางคืนได้ (สบง, ๒๕๕๐ : ๑๔๗)

๓. เลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสเป็นช่วง (extended depth of focus IOLs)

เลนส์ชนิดนี้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถมองเห็นได้เป็นช่วงต่อเนื่องจากระยะไกลเข้ามาถึงระยะกลาง โดยใช้เทคโนโลยีการเปลี่ยนรัศมีความโค้งของผิวเลนส์แบบต่อเนื่องเพื่อยืดการรวมแสงออกเป็นช่วง โดยมาก

ช่วงยึดของแสงจะไม่สามารถรวมจนมาถึงระยะใกล้ได้ เลนส์ชนิดนี้จึงเหมาะแก่ผู้ที่ต้องการมองเห็นแบบต่อเนื่องจากระยะไกลมาจนถึงระยะกลาง แต่ไม่ต้องการระยะใกล้ที่ชัดเจนมากนัก เลนส์ชนิดนี้พบว่าทำให้ผู้ใช้เห็นแสงฟุ้งกระจายหรือแสงรอบดวงไฟ (halos) ในตอนกลางคืนน้อยกว่าเลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสหลายตำแหน่ง (multifocal IOLs)

๔. เลนส์ชนิดแก้ไขสายตาเอียง (toric IOL)

สายตาเอียงส่วนมากเกิดจากการที่กระจกตามีความโค้งไม่เท่ากันในแต่ละแกน เลนส์ชนิดนี้จึงพัฒนาขึ้นโดยออกแบบให้ความโค้งของเลนส์ในแนวแกน ๒ แกนมีค่าไม่เท่ากัน เพื่อแก้ไขความโค้งที่ไม่เท่ากันในแนวแกนทั้งสองของกระจกตาของผู้ป่วย ทำให้ลดความจำเป็นในการสวมแว่นสายตาหลังการผ่าตัดลงได้อย่างมีนัยสำคัญ

๕. เลนส์ชนิดปรับการโฟกัสได้ (accommodating IOL)

เลนส์ชนิดนี้ออกแบบให้สามารถเคลื่อนไหวเล็กน้อยตามการเกร็งของกล้ามเนื้อตา เพื่อเปลี่ยนจุดโฟกัสโดยอัตโนมัติ แต่ในปัจจุบันยังไม่สามารถเลียนแบบการทำงานของเลนส์ธรรมชาติได้อย่างสมบูรณ์ จึงไม่ค่อยเป็นที่นิยมกันมากนัก

ข้อบ่งชี้ ข้อควรระวัง และภาวะแทรกซ้อน

การผ่าตัดใส่เลนส์แก้วตาเทียมมักทำในกรณีที่ต้องการกระจกส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การอ่านหนังสือ การขับรถ การทำงาน ผู้ป่วยที่ตัดสินใจเข้ารับการผ่าตัดควรขอคำแนะนำจากจักษุแพทย์ ซึ่งจะพิจารณาถึงประวัติสุขภาพ การตรวจวัดค่าสายตา การมองเห็น และลักษณะความรุนแรงของต้อกระจก ส่วนการเลือกชนิดของเลนส์แก้วตาเทียมนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะตาของผู้ป่วยและความต้องการใช้สายตาเป็นหลัก

แม้ว่าการผ่าตัดจะมีความปลอดภัยสูง แต่ยังมีภาวะแทรกซ้อนที่ต้องเฝ้าระวัง (Moore, 2024) เช่น

- การติดเชื้อภายในลูกนัยน์ตา (endophthalmitis)
- การเคลื่อนตัวผิดตำแหน่งของเลนส์แก้วตาเทียม (IOLs dislocation)
- ภาวะความดันในลูกนัยน์ตาสูงหลังผ่าตัด
- ภาวะจอประสาทตาหลุดลอก (retinal detachment)
- การเกิดความขุ่นที่ถุงหุ้มเลนส์ด้านหลัง (posterior capsule opacification)

แพทย์จะนัดติดตามผลในผู้ป่วยอย่างสม่ำเสมอเพื่อดูแลและป้องกันภาวะแทรกซ้อนเหล่านี้ได้อย่างใกล้ชิด

ผลลัพธ์หลังการผ่าตัดและคุณภาพชีวิต

ผู้ป่วยจำนวนมากที่เข้ารับการผ่าตัดสามารถฟื้นฟูการมองเห็นได้อย่างน่าพอใจภายในไม่กี่วันหลังการผ่าตัด บางรายสามารถกลับไปทำงานหรือดำเนินชีวิตตามปกติได้ภายใน ๑ สัปดาห์ การเลือกเลนส์ให้เหมาะกับลักษณะของผู้ป่วยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการรักษาเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ความคาดหวังของผู้ป่วยควรได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม โดยเฉพาะในกรณีที่เลือกใช้เลนส์ชนิดพิเศษ เช่น เลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสหลายตำแหน่ง (multifocal IOLs) เลนส์ชนิดรวมแสงหรือโฟกัสเป็นช่วง (extended depth of

focus IOLs) ซึ่งอาจมีข้อจำกัดหรือผลข้างเคียงเฉพาะตัว การให้ข้อมูลที่ชัดเจนและครอบคลุมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง

การดูแลหลังการผ่าตัด

การดูแลดวงตาหลังการผ่าตัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก แนวทางสำคัญที่ควรปฏิบัติมีดังนี้ :

- หลีกเลี่ยงการขยี้ตาหรือสัมผัสดวงตาโดยตรง
- ใช้ยาหยอดตาตามที่แพทย์สั่งอย่างเคร่งครัด เพื่อลดการอักเสบและป้องกันการติดเชื้อ
- ห้ามทำให้น้ำเข้าสู่บริเวณดวงตา หรือทำกิจกรรมที่มีแรงกระแทกกับดวงตา รวมถึงหลีกเลี่ยงการแต่งหน้าในบริเวณรอบดวงตาอย่างน้อย ๓-๔ สัปดาห์แรก
- สวมแว่นกันแดดเมื่อออกกลางแจ้งเพื่อปกป้องดวงตาจากแสงอัลตราไวโอเล็ต (ยูวี)

ผู้ป่วยควรมาพบแพทย์ตามนัดเพื่อประเมินผลการรักษาและหากมีอาการผิดปกติ เช่น ตาแดง ปวดตา มาก มองเห็นลดลง ควรรีบกลับมาพบแพทย์ทันที

บทสรุป

เลนส์แก้วตาเทียมเป็นนวัตกรรมทางการแพทย์ที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาภาวะต้อกระจก และได้เปลี่ยนแปลงภาวะของผู้ป่วยจำนวนมากให้กลับมามองเห็นได้ชัดเจนอีกครั้ง การเลือกเลนส์ให้เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของบุคคลแต่ละคน รวมถึงการให้ข้อมูลอย่างครบถ้วนและการมีส่วนร่วมของผู้ป่วยในการตัดสินใจ เป็นหัวใจสำคัญของการรักษาอย่างมีประสิทธิภาพ การรักษาด้วยเลนส์แก้วตาเทียมจึงเป็นเพียงการผ่าตัดทางกายภาพเท่านั้น แต่ยังเป็นการดูแลแบบองค์รวมเพื่อผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการมองเห็นและคุณภาพชีวิตของผู้ป่วยอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

สบง ศรีวรรณบุรณ์. (๒๕๕๑). ต้อกระจกภายหลังการทำผ่าตัดแก้ไขสายตาดัดผิดปกติ. พิมพ์ครั้งที่ ๑. งานตำราวารสารและสิ่งพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีการศึกษาแพทยศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล.

สบง ศรีวรรณบุรณ์. (๒๕๕๐). หลักการและการประยุกต์ใช้เลนส์แก้วตาเทียมที่มีจุดรวมแสงหลายตำแหน่ง. *จักษุเวชสาร*, ๒๕๕๐(๒๑), ๑๔๗-๕๕.

Čanović, S., Konjevoda, S., Pavicic, A., Stanic, R. (2019). Intraocular Lens (IOL) Materials. *Intraocular Lens*, <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89985>.

Hashemi, H., Pakzad, R., Yekta, A., Aghamirsalim, M., Pakbin, M., Ramin, S., Khabazkhoob, M. (2020). Global and regional prevalence of age-related cataract: a comprehensive systemic review and meta-analysis. *Eye*, 34(8), 1357–1370.

Terhorst, C. (2025). *Factors to consider in choosing an IOL for cataract surgery*. <https://www.aao.org/eye-health/tips-prevention/best-artificial-lens-implant-iol-cataract-surgery>.

Moore, W. (2024). *Complications of cataract surgery*. <https://www.webmd.com/eye-health/cataracts/complications-cataract-surgery>.

Vision loss expert group of the global burden of disease study (GBD).(2024). Global estimates on the number of people blind or visually impaired by cataract: a meta-analysis from 2000 to 2020. *Eye*, 38(11), 2156–2172.

โรคไลชมาเนีย (Leishmaniasis)

ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ^{๑,๒} มานพ แซ่ฮั้ง^๒ และ เผด็จ สิริยะเสถียร^๓

^๑ภาควิชาชีววิทยา สาขาสรีรวิทยาและสรีรวิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, faasthc@ku.ac.th

^๒ภาควิชาชีววิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน

^๓ภาควิชาปรสิตวิทยา คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความสำคัญ

โรคไลชมาเนีย (Leishmaniasis) เป็นโรคที่เกิดจากโปรโตซัวไลชมาเนีย สามารถติดต่อจากสัตว์สู่คนได้ เมื่อถูกกัดโดยริ้นฝอยทราย (sand fly) ที่มีเชื้อ เชื้อนี้ทำให้เกิดโรคในผู้ป่วยหลายรูปแบบ ที่พบมากที่สุดคือชนิดที่มีผลต่อผิวหนัง (Cutaneous leishmaniasis) ริ้นฝอยทรายที่เป็นพาหะจัดอยู่ในสกุล (Genus) ๒ สกุล ได้แก่ *Phlebotomus* และ *Lutzomyia* ส่วนใหญ่โรคไลชมาเนียแพร่ระบาดในสภาพอากาศร้อนชื้นหรือกึ่งร้อนชื้น โดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปตอนใต้ ตอนเหนือของทวีปแอฟริกา ทวีปเอเชีย ตะวันออกกลาง และบางส่วนของทวีปอเมริกาใต้ บางครั้งพบว่าการติดเชื้อในท้องทดลอง องค์การอนามัยโลกจัดให้โรคไลชมาเนียเป็นหนึ่งในเจ็ดของโรคติดเชื้อเขตร้อนที่สำคัญ และเป็นปัญหาสาธารณสุขระดับโลก อาการของผู้ป่วยมักซับซ้อน อย่างไรก็ตาม หากไม่ได้รับการรักษาให้ถูกวิธี อาจทำให้เสียชีวิตได้ ผู้ป่วยแต่ละรายมีอาการป่วยแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของเชื้อที่ได้รับ เช่น อาจเกิดแผลตรงผิวหนังบริเวณที่ถูกกัด เกิดแผลที่เยื่อจมูกหรือปาก ตับและม้ามโต ผิวซีด เป็นไข้เรื้อรัง

วิทยาการระบาด

โรคไลชมาเนียเป็นโรคติดเชื้อที่มีแมลงริ้นฝอยทรายเป็นพาหะ ปัจจุบันพบโรคนี้ได้ในประเทศต่าง ๆ ๘๙ ประเทศ เป็นโรคประจำถิ่นในเอเชีย แอฟริกา อเมริกา และเมดิเตอร์เรเนียน โรคนี้ส่วนใหญ่พบในพื้นที่ป่าหรือสวนผลไม้ แต่สามารถพบได้ในเขตกึ่งทะเลทรายหรือเขตหนาว มีแมลงริ้นฝอยทรายในสกุล *Phlebotomus* และ *Lutzomyia* เป็นพาหะนำโรค ซึ่งพบได้ตั้งแต่ทางตอนใต้ของสหรัฐอเมริกาไปจนถึงทางตอนเหนือของอาร์เจนตินา และพบด้วยว่าโรคไลชมาเนียชนิดผิวหนังมีอัตราการพบเชื้อประมาณร้อยละ ๐.๑๗ โดยที่ทั่วโลกมีผู้ติดเชื้อประมาณ ๑๕ ล้านคน และมีประชากรประมาณ ๓๕๐ ล้านคน ที่มีความเสี่ยงต่อการติดเชื้อ มีผู้ป่วยรายใหม่ประมาณ ๑.๕ ถึง ๒ ล้านรายต่อปี และมีผู้เสียชีวิตจากโรคนี้ประมาณ ๗๐,๐๐๐ รายต่อปี ใน ค.ศ. 2012 องค์การอนามัยโลก (WHO) ได้รายงานการกระจายของโรคไลชมาเนียใน ๑๐๒ ประเทศ โรคนี้มีรูปแบบอย่างน้อย ๒ รูปแบบ คือ ชนิดผิวหนัง (CL) และชนิดอวัยวะภายใน (VL) ข้อมูลจนถึง ค.ศ. 2010 ระบุว่าร้อยละ ๙๐ ของผู้ป่วย VL ทั่วโลกเกิดในประเทศบังคลาเทศ บราซิล เอธิโอเปีย อินเดีย และชูดาน ส่วนผู้ป่วย

CL ประมาณร้อยละ ๗๐ พบในประเทศอัฟกานิสถาน แอลจีเรีย บราซิล โคลอมเบีย คอสตาริกา เอธิโอเปีย อิหร่าน และสาธารณรัฐอาหรับซีเรีย ในจำนวน ๒๕ ประเทศที่มีโรคไลชมาเนียเป็นโรคประจำถิ่น มี ๑๒ ประเทศที่มีโรคชนิด VL สูง ได้แก่ บังคลาเทศ จีน เอธิโอเปีย จอร์เจีย อินเดีย เคนยา เนปาล ปารากวัย โซมาเลีย ซูดาน สเปน และยูกันดา ส่วนอีก ๑๑ ประเทศมีโรคชนิด CL สูง ได้แก่ อัฟกานิสถาน แอลจีเรีย โคลอมเบีย อิหร่าน โมร็อกโก ปากีสถาน เปรู ซาอุดีอาระเบีย ซีเรีย ตูนิเซีย และตุรกี สำหรับประเทศบราซิล เป็นประเทศเดียวที่มีโรคทั้ง ๒ ชนิดในอัตราสูง

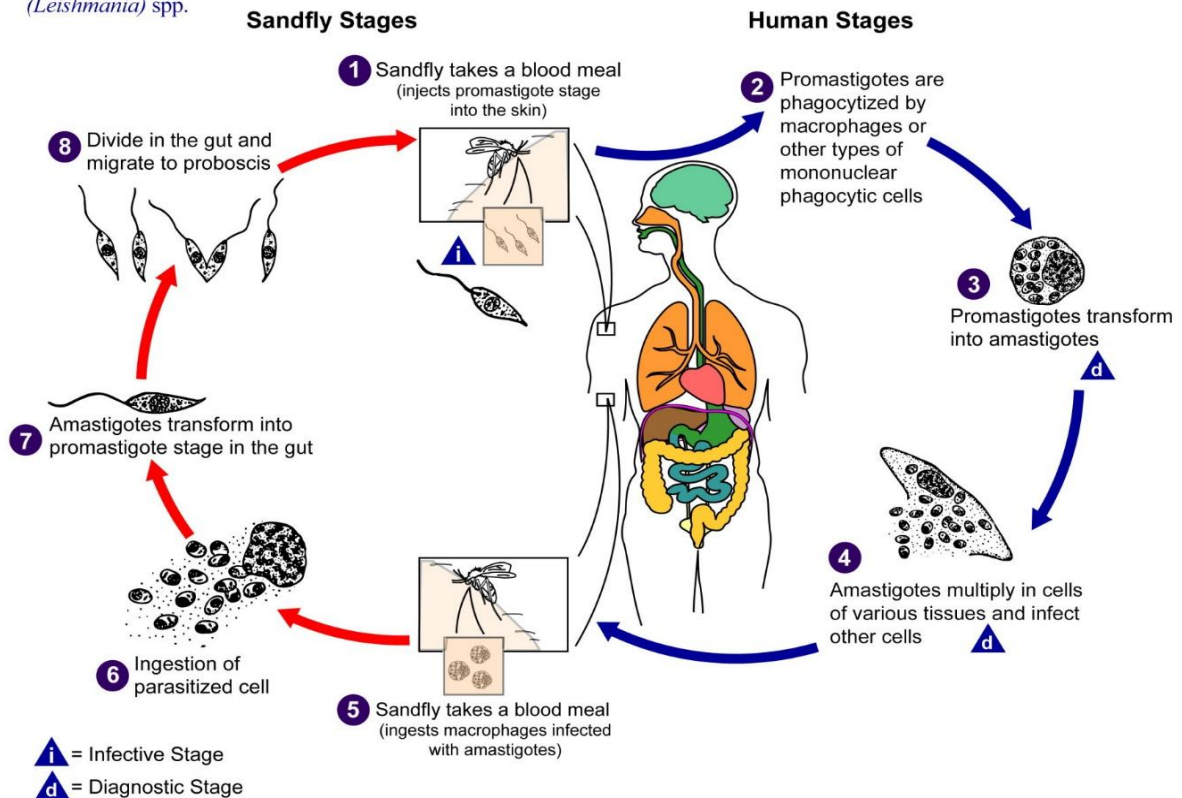
สำหรับประเทศไทย โรคไลชมาเนียที่พบส่วนใหญ่เป็นกรณีที่ถูกติดต่อมาจากต่างประเทศ (Imported cases) อย่างไรก็ตาม กรณีของโรคไลชมาเนียที่เกิดขึ้นเองในประเทศ (Autochthonous leishmaniasis) มีเพิ่มมากขึ้นตามลำดับ ปัจจุบันนี้มีผู้ค้นพบเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียสายพันธุ์ใหม่ ๒ ชนิด ได้แก่ *Leishmania martiniquensis* และ *Leishmania orientalis* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคไลชมาเนียที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยชาวไทย

วงจรการแพร่เชื้อของโรคไลชมาเนีย

โรคไลชมาเนียแพร่เชื้อโดยการกัดของแมลงริ้นฝอยทรายเพศเมียในวงศ์ Phlebotominae ที่มีเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนีย แมลงริ้นฝอยทรายจะปล่อยเซลล์ระยะติดต่อของเชื้อ (Promastigote) ออกขณะที่ดูดเลือด (หมายเลข 1 ในภาพที่ ๑) จากนั้น promastigote ที่เข้าสู่บาดแผลจะถูกเม็ดเลือดขาวชนิดแมโครฟาจ (macrophage) และชนิดโมโนนิวเคลียร์อื่น ๆ จับกิน (หมายเลข 2 ในภาพที่ ๑) ภายในเซลล์เหล่านี้ promastigote จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ระยะ amastigote ซึ่งเป็นระยะของปรสิตที่พบในเนื้อเยื่อ (หมายเลข 3 ในภาพที่ ๑) จากนั้นจะเพิ่มจำนวนโดยการแบ่งตัวแบบธรรมดาและแพร่กระจายไปยังเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดโมโนนิวเคลียร์อื่น ๆ (หมายเลข 4 ในภาพที่ ๑) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวปรสิต ร่างกายผู้ติดเชื้อ และปัจจัยอื่น ๆ จะเป็นตัวกำหนดว่าอาการของโรคจะแสดงออกหรือไม่ และจะเกิดเป็นโรคไลชมาเนียชนิดผิวหนังหรือชนิดอวัยวะภายใน แมลงริ้นฝอยทรายจะได้รับเชื้อเมื่อดูดเลือดจากผู้ติดเชื้อที่มีเซลล์ติดเชื้ออยู่ (หมายเลข 5, หมายเลข 6 ในภาพที่ ๑) ภายในแมลงริ้นฝอยทราย amastigote จะเปลี่ยนกลับเป็น promastigote และพัฒนาในทางเดินอาหาร (หมายเลข 7 ในภาพที่ ๑) จากนั้นจึงเคลื่อนย้ายไปยังส่วนปากเจาะดูด (proboscis) (หมายเลข 8 ในภาพที่ ๑)

Leishmaniasis

(*Leishmania*) spp.



ภาพที่ ๑ วงจรการแพร่เชื้อของโรคไลชมาเนีย

(<https://www.cdc.gov/dpdx/leishmaniasis/index.html>)

เชื้อโรคและการติดเชื้อ

การติดเชื้อโรคไลชมาเนียเกิดจากคนถูกแมลงรบกวนที่มีเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียกัด จากนั้นเชื้อโปรโตซัวนี้จะเข้าไปอยู่ในเม็ดเลือดขาวชนิดที่เรียกว่า macrophage ในเม็ดเลือดขาวนี้ เชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียจะแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เม็ดเลือดขาวแตก หลังจากนั้นเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียจะแพร่กระจายสู่เม็ดเลือดขาวเซลล์อื่น ๆ ต่อไประยะติดต่อเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียใช้เวลาในการเจริญเติบโตในรังฝอยทราย ๑-๒ สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม การแพร่กระจายโรคเกิดขึ้นได้เมื่อรังฝอยทรายกัดดูดเลือดตั้งแต่ครั้งที่ ๒ และเชื้ออยู่ได้นานถึง ๑๐ วัน

โรคไลชมาเนียซิสในประเทศไทยเกิดจากวงจรการติดเชื้อแบบมีสัตว์เป็นแหล่งรังโรค (zoonotic cycle) โดยที่สัตว์รังโรคมียบทบาทสำคัญในการแพร่เชื้อในธรรมชาติ เมื่อไม่นานมานี้ มีผู้ตรวจพบดีเอ็นเอของ *L. martiniquensis* ซึ่งก่อนหน้านี้เคยถูกจัดอยู่ในสายพันธุ์ *L. siamensis* lineage PG ในเลือด ตับ และม้ามของหนูพุดดำ (*Rattus rattus*) ที่จับได้บริเวณบ้านของผู้ป่วย ซึ่งอาจทำหน้าที่เป็นสัตว์รังโรคตามธรรมชาติได้นอกจากนี้ ยังมีหลักฐานที่แสดงถึงการแพร่เชื้อแบบ zoonotic เมื่อมีรายงานผู้ติดเชื้อชนิด CL ที่เกิดจาก *L. martiniquensis* ในสัตว์ฟาร์ม เช่น ม้าในประเทศเยอรมนี วัวในประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และม้าตัวหนึ่งในรัฐฟลอริดา สหรัฐอเมริกา จากการวิเคราะห์ลำดับเบสของ ITS๑ ของยีน SSU-rRNA ของดีเอ็นเอ *Leishmania*

พบว่ามีลักษณะใกล้เคียงกับสายพันธุ์ของ *Leishmania* ที่เคยรายงานในประเทศไทย ดังนั้น การแพร่เชื้อแบบ zoonotic ของโรคไลมาเนียซิสในประเทศไทยอาจมีลักษณะคล้ายกับ *L. infantum* ที่พบในยุโรปและบริเวณแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน

พาหะนำโรค

ริ้นฝอยทรายเป็นแมลงในวงศ์ย่อย Phlebotominae จัดอยู่ในอันดับ Diptera ชั้นย่อย Nematocera วงศ์ Psychodidae ปัจจุบันพบริ้นฝอยทรายทั่วโลกแล้วจำนวน ๑,๐๒๘ ชนิด ตัวอ่อนของริ้นฝอยทรายมักพบตามที่ชื้นแฉะ เช่น ตามพื้นดินในคอกปศุสัตว์ จอมปลวก โคนไม้ หรือถ้ำ ริ้นฝอยทรายตัวเต็มวัยอาจพบได้ในรังหนู สำหรับประเทศไทย มีผู้สำรวจชนิดของริ้นฝอยทรายในหลายพื้นที่ของประเทศ ปัจจุบันมีรายงานชนิดของริ้นฝอยทรายอย่างน้อย ๓๖ ชนิด จาก ๕ สกุล อันได้แก่ *Sergentomyia*, *Phlebotomus*, *Idiophlebotomus*, *Grassomyia* และ *Chinius* ริ้นฝอยทรายบางชนิด เช่น *Sergentomyia khawi* เป็นชนิดที่พบได้มากที่สุดทั้งในภาคเหนือและภาคใต้ของประเทศ โดยพบการระบาดของ *S. khawi* (เดิม identify เป็น *S. gemmea*) สูงถึงร้อยละ ๘๕-๙๕ ในพื้นที่ภาคเหนือและภาคใต้ อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจในถ้ำหินปูนบริเวณพื้นที่ภูเขาทางภาคเหนือ พบว่าประมาณร้อยละ ๕๐ ของริ้นฝอยทรายที่อาศัยอยู่ในถ้ำนั้นเป็น *Nemopalpus vietnamensis* โดยพบริ้นฝอยทรายสกุล *Sergentomyia* น้อยกว่าร้อยละ ๑ มีผู้ศึกษาศักยภาพของพาหะในพื้นที่ที่พบการติดเชื้อทางภาคใต้โดยใช้เทคนิค PCR-ITS1 และ PCR-hsp70 พบดีเอ็นเอของ *Leishmania* ใน *Sergentomyia* (*Neophlebotomus*) *khawi* และ *Sergentomyia* (*Parrotomyia*) *barraudi* การวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง GenBank ได้แก่ ITS1 (MK603826) และ hsp70 (JX852708) แสดงให้เห็นว่า *S. khawi* และ *S. barraudi* อาจทำหน้าที่เป็นพาหะของ *L. martiniquensis* ในพื้นที่ภาคใต้ได้ การศึกษาริ้นฝอยทรายที่เป็นพาหะตามธรรมชาติเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการควบคุมการแพร่กระจายของโรค ดังนั้น จึงจำเป็นต้องสำรวจชนิดของริ้นทรายในพื้นที่ระบาดในวงกว้างมากขึ้น

เนื่องจากเชื้อไลมาเนียที่พบในประเทศไทย ทั้ง *L. martiniquensis* และ *L. orientalis* จัดอยู่ใน subgenus ใหม่ คือ subgenus *Mundinia* ใน subgenus นี้พบว่าแมลงริ้นปีกลายหรือริ้นน้ำเค็ม (*Culicoides* biting midges) สามารถเป็นพาหะนำเชื้อไลมาเนียใน subgenus นี้ได้เช่นเดียวกัน และการศึกษาพบว่าสามารถตรวจพบเชื้อไลมาเนียในริ้นปีกลายหลายชนิด ซึ่งมี *C. mahasarakhamense*, *C. peregrinus*, *C. oxystoma* และ *C. huffi* เป็นต้น เนื่องจากความรู้ที่จำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นพาหะของริ้นฝอยทรายสกุล *Sergentomyia* และริ้นปีกลาย จึงจำเป็นต้องศึกษาพฤติกรรมการเลือกโฮสต์ การกินเลือด และแหล่งเพาะพันธุ์เพิ่มเติม

การป้องกัน

๑. ใช้ยากันยุงและสวมเสื้อผ้าให้มิดชิด โดยเฉพาะเมื่อต้องเข้าไปในป่า
๒. ให้ความรู้แก่ประชาชนในพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการเกิดโรค และประชาชนที่เข้าไปในพื้นที่เสี่ยง
๓. ทำลายหรือจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ริ้นฝอยทรายบริเวณบ้าน ไม่ให้มีกองไม้/กองฟืน เศษใบไม้ทับถม

บทสรุป

โรคไลชมาเนียเป็นโรคติดต่อที่มีเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียเป็นเชื้อสาเหตุอยู่ใน Genus *Leishmania*, Family Trypanosomatidae, Order Kinetoplastida เชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียมีมากกว่า ๒๐ ชนิด ๒ รูปแบบ คือ แบบมีหาง (promastigote) และแบบไม่มีหาง (amastigote) อาศัยอยู่ภายในเซลล์เม็ดเลือดและเนื้อเยื่อของทั้งคนและสัตว์ โดยมีรื้อนฝอยทรายเป็นพาหะนำเชื้อ รื้อนฝอยทรายที่เป็นพาหะนั้นเป็นแมลงใน Genus *Phlebotomus* และ *Lutzomyia* โรคนี้ระบาดอยู่ในทวีปเอเชีย แอฟริกา อเมริกา และแถบเมดิเตอร์เรเนียน ทั่วโลกมีผู้ป่วยมากกว่าหนึ่งล้านคนและและเสียชีวิตประมาณ ๗๐,๐๐๐ คนต่อปี ตั้งแต่ พ.ศ. ๒๕๓๙ ในประเทศไทยพบรายงานผู้ป่วยโรคไลชมาเนียจำนวน ๔๕ ราย เสียชีวิต ๗ ราย ใน พ.ศ. ๒๕๖๘ พบผู้ป่วยโรคไลชมาเนียจำนวน ๒ ราย ในจำนวนนี้มีผู้เสียชีวิต ๑ ราย อาการของผู้ป่วยขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อโปรโตซัวไลชมาเนียและระบบภูมิคุ้มกันของผู้ป่วย โดยมีทั้งชนิดเป็นก้อนปมตามผิวหนังและชนิดที่ทำลายอวัยวะภายในผู้ป่วยมีไข้ขึ้น ๆ ลง ๆ น้ำหนักลด ม้ามและตับโต โลหิตจาง และอาจเสียชีวิตได้

บรรณานุกรม

- Arenas, R. (2015). Dermatología, Atlas diagnóstico y tratamiento. 6a Ed. México, McGraw Hill, 465–472.
- Bravo, F., Sanchez, M.R. (2003). New and re-emerging cutaneous infectious diseases in Latin America and other geographic areas. *Dermatol Clin*, 21(4):655–68. viii. doi: 10.1016/S0733-8635(03)00090-1
- Collin, S., Davidson, R., Ritmeijer, K., Keus, K., Melaku, Y., Kipnetich, S., Davies, C. (2004). Conflict and kala-azar: determinants of adverse outcomes of kala-azar among patients in southern Sudan. *Clin Infect Dis*, Mar 1;38(5):612-9. doi: 10.1086/381203. Epub 2004 Feb 12. PMID: 14986243.
- Croft SL, Yardley V. (2002). Chemotherapy of leishmaniasis. *Curr Pharm Des*, 8(4):319–42. doi: 10.2174/1381612023396258
- Dowlati, Y. (1996). Cutaneous leishmaniasis: clinical aspects. *Clin Dermatol*, 14(5):425–31. doi: 10.1016/0738-081X(96)00058-2
- Davies, C.R., Reithinger, R., Campbell-Lendrum, D., Feliciangeli, D., Borges, R., Rodriguez, N. (2000). The epidemiology and control of leishmaniasis in Andean countries. *Cad Saude Publica*, Oct-Dec;16(4):925-50. doi: 10.1590/s0102-311x2000000400013. PMID: 11175518.
- Desjeux, P. (2004). Leishmaniasis: current situation and new perspectives. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 27(5):305–18. doi: 10.1016/j.cimid.2004.03.004

- Oryan, A., Akbari, M. (2016). Worldwide risk factors in leishmaniasis. *Asian Pac J Trop Med*, 9(10):925–32. doi: 10.1016/j.apjtm.2016.06.021
- Murray, H.W., Berman, J.D., Davies, C.R., Saravia, N.G. (2005). Advances in leishmaniasis. *Lancet*, Oct 29-Nov 4;366(9496):1561-77. doi: 10.1016/S0140-6736(05)67629-5. PMID: 16257344.
- Mushtaq, S., Dogra, D., Dogra, N. (2016). Clinical Response with intralesional Amphotericin B in the treatment of old world cutaneous leishmaniasis: a preliminary report. *Dermatol Ther*, 29(6):398–405. doi: 10.1111/dth.12377
- Pandey, B.D., Pun, S.B., Kaneko, O., Pandey, K., Hirayama, K. (2011). Case report: expansion of visceral leishmaniasis to the western hilly part of Nepal. *Am J Trop Med Hyg*, Jan;84(1):107-8. doi: 10.4269/ajtmh.2011.10-0291. PMID: 21212211; PMCID: PMC3005498.
- Panagiotopoulos, A., Stavropoulos, P.G., Hasapi, V., Papakonstantinou, A.M., Petridis, A., Katsambas, A. (2005). Treatment of cutaneous leishmaniasis with cryosurgery. *Int J Dermatol*, Sep;44(9):749-52. doi: 10.1111/j.1365-4632.2005.02628.x. PMID: 16135144.
- Reithinger, R., Dujardin, J.C., Louzir, H., Pirmez, C., Alexander, B., Brooker, S. (2007). Cutaneous leishmaniasis. *Lancet Infect Dis*, Sep;7(9):581-96. doi: 10.1016/S1473-3099(07)70209-8. PMID: 17714672.
- Sunantaraporn, S., Thepparat, A., Phumee, A., Sor-Suwan, S., Boonserm, R., Bellis, G., Siriyasatien, P. (2021). *Culicoides* Latreille (Diptera: Ceratopogonidae) as potential vectors for *Leishmania martiniquensis* and *Trypanosoma* sp. in Northern Thailand. *PLoS Negl Trop Dis*, Dec 15;15(12):e0010014. doi: 10.1371/journal.pntd.0010014. PMID: 34910720; PMCID: PMC8673663.
- World Health Organization. (2016). *Weekly Epidemiological Record (WER)*, 91(22):285–296.

หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม : ทางเลือกใหม่เพื่อชีวิตที่ดีกว่า

(Robotic assisted knee arthroplasty: high technology

for better quality of life)

กิริติ เจริญชลวานิช

ภาควิชาศัลยศาสตร์ออร์โธพีดิกส์ ประสาทวิทยาแพทยศาสตร์และทันตแพทยศาสตร์

สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, keesi93@gmail.com

การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมคืออะไร?

โรคข้อเข่าเสื่อมเป็นปัญหาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุ โดยเฉพาะในสังคมไทยที่กำลังก้าวเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ เพราะกระดูกอ่อนข้อเข่าที่ทำหน้าที่รองรับและลดแรงกระแทกจะบางลงเรื่อย ๆ ทำให้กระดูกเสียดสีกันโดยตรง ส่งผลให้ผู้ป่วยมีอาการปวด อักเสบ และเคลื่อนไหวลำบาก หลายคนต้องทนทุกข์เพราะความเจ็บปวดเรื้อรังที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต ทำให้ไม่สามารถทำกิจกรรมประจำวันหรือกิจกรรมที่เคยทำได้อย่างปกติ (Carr et al., 2012: 1331–40) เมื่อวิธีการรักษาแบบอนุรักษ์ เช่น การรับประทานยา การฉีดยา การทำกายภาพบำบัด ไม่สามารถบรรเทาอาการได้อย่างมีประสิทธิภาพ แพทย์มักจะแนะนำให้ผู้ป่วยพิจารณาว่าควรผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมหรือไม่ ในการผ่าตัดนี้ศัลยแพทย์จะตัดส่วนปลายของกระดูกที่เสื่อมสภาพออก แล้วแทนที่ด้วยข้อเข่าเทียม ซึ่งทำจากโลหะผสมพิเศษ เพื่อให้ข้อเข่าสามารถเคลื่อนไหวได้อย่างราบรื่นและปราศจากความเจ็บปวด (Siddiqi et al., 2017: 338–52) วิธีการผ่าตัดแบบดั้งเดิมนั้นอาศัยประสบการณ์และความชำนาญของศัลยแพทย์กระดูกในการวัดและตัดกระดูก รวมถึงการวางตำแหน่งของข้อเข่าเทียม แม้ว่าวิธีนี้จะได้ผลดีในการบรรเทาอาการปวดและช่วยให้ผู้ป่วยกลับมาเคลื่อนไหวได้ดีขึ้น แต่จากการศึกษาพบว่ามีผู้ป่วยร้อยละ ๑๕–๒๐ ที่ยังไม่พอใจกับผลลัพธ์ที่ได้ เนื่องจากการวางตำแหน่งข้อเข่าเทียมอาจไม่สมบูรณ์แบบหรือเกิดการบิดเบี้ยวของเนื้อเยื่อรอบข้อระหว่างการผ่าตัด (Gunaratne et al., 2017: 3854–60 and Kayani et al., 2019: 611–7)

หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดคืออะไร?

ด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การใช้หุ่นยนต์ช่วยในการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมได้รับความนิยมมากขึ้นในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา (Kayani et al., 2019: 611–7) การใช้หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมคือการนำเทคโนโลยีหุ่นยนต์มาช่วยศัลยแพทย์ในการวางแผนและดำเนินการผ่าตัดอย่างแม่นยำ โดยสามารถใช้คอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์พิเศษสร้างแบบจำลองสามมิติของข้อเข่าผู้ป่วย ช่วยให้แพทย์สามารถวางแผนการผ่าตัดที่เหมาะสมกับสรีระเฉพาะของผู้ป่วยแต่ละราย (St Mart and Goh, 2021: 270–9 and Jacofsky and Allen, 2016: 2353–63) กระบวนการผ่าตัดโดยใช้หุ่นยนต์เริ่มต้นด้วยการสร้างแบบจำลองสามมิติของข้อเข่าผู้ป่วย ซึ่งอาจใช้ภาพถ่ายเอกซเรย์หรือเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ จากนั้นแพทย์จะวางแผนการผ่าตัดโดยกำหนด

ตำแหน่งและขนาดของข้อเข้าเทียมที่เหมาะสมที่สุด รวมถึงวางแผนการตัดกระดูกอย่างละเอียด เมื่อถึงวันผ่าตัด ระบบจะยืนยันตำแหน่งกระดูกของผู้ป่วยให้ตรงกับแบบจำลอง แล้วแพทย์จะใช้หุ่นยนต์ช่วยในการตัดกระดูกตามแผนที่วางไว้ โดยที่ระบบจะควบคุมการตัดกระดูกให้อยู่ในขอบเขต หลังจากใส่ข้อเข้าเทียมแล้ว ระบบยังช่วยตรวจสอบการทำงานของข้อเข้า คุณภาพของเอ็นรอบข้อ และช่วงการเคลื่อนไหวของข้อเข้าอีกด้วย (Roche, 2021: 2043–7 and Kayani et al., 2018: 930–7) ในปัจจุบันมีระบบหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดหลายรูปแบบ ทั้งระบบที่ทำงานอัตโนมัติ ระบบกึ่งอัตโนมัติ และระบบที่ควบคุมโดยศัลยแพทย์ ระบบกึ่งอัตโนมัติเป็นที่นิยมมากที่สุด เนื่องจากใช้หุ่นยนต์ช่วยวางแผนและช่วยในการผ่าตัด โดยที่ศัลยแพทย์กระดูกควบคุมการผ่าตัดด้วยตนเอง (Hampp et al., 2019: 495–501 and Siddiqi et al., 2021: 45–59) ดังภาพที่ ๑

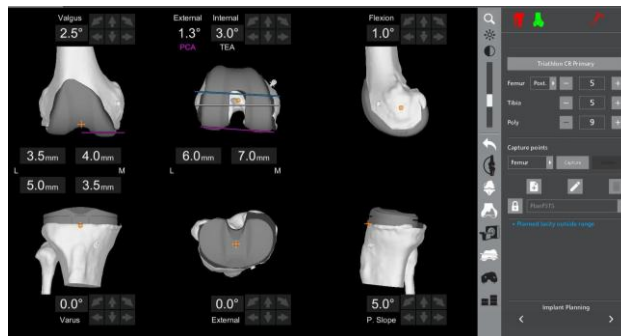


ภาพที่ ๑ การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัด ระบบกึ่งอัตโนมัติ

หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดที่ใช้ในปัจจุบัน

ปัจจุบันเทคโนโลยีหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข้าเทียมได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง และมีใช้ในโรงพยาบาลชั้นนำทั่วประเทศไทยและทั่วโลก ระบบเหล่านี้แบ่งออกเป็นประเภทต่าง ๆ ตามลักษณะการทำงานและการควบคุม ทำให้แพทย์มีทางเลือกที่หลากหลายในการใช้เทคโนโลยีให้เหมาะสมกับผู้ป่วยแต่ละราย (Kayani et al., 2019: 611–7 and Siddiqi et al., 2021: 45–59) หุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดประเภทแรกเป็นระบบที่ใช้การสร้างภาพสามมิติจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ก่อนการผ่าตัด ดังภาพที่ ๒ ข้อดีของระบบนี้คือความละเอียดและแม่นยำสูง เนื่องจากแพทย์สามารถวางแผนการผ่าตัดได้ล่วงหน้าอย่างครบถ้วน แต่ผู้ป่วยอาจต้องผ่านการเอกซเรย์คอมพิวเตอร์เพิ่มเติม หุ่นยนต์ในกลุ่มนี้มักมีแขนกลสำหรับถือเลื่อยผ่าตัด โดยมีระบบป้องกันอัตโนมัติที่จะหยุดหรือลดความเร็วของเลื่อยทันทีที่เคลื่อนออกนอกขอบเขตที่กำหนดไว้ ทำให้การตัดกระดูกมีความแม่นยำสูงและลดความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อโดยรอบ อีกประเภทหนึ่งเป็นระบบที่ไม่จำเป็นต้องใช้ภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ล่วงหน้า เรียกว่า **ระบบไร้ภาพ** ซึ่งจะสร้างแบบจำลองกระดูกผู้ป่วยจากข้อมูลที่เก็บในระหว่างการผ่าตัด ข้อดีของระบบนี้คือลดการได้รับรังสีของผู้ป่วยและประหยัดค่าใช้จ่าย แต่อาจต้องใช้เวลาในห้องผ่าตัดมากขึ้นเพื่อสร้างแบบจำลอง หุ่นยนต์ประเภทนี้มีทั้งแบบที่ใช้เครื่องกีดกระดูกขนาดเล็กแทนเลื่อย และแบบที่ช่วยนำทางการวางบล็อกตัดกระดูกแบบดั้งเดิม นอกจากนี้ ยังมีระบบที่มีขนาด

กะทัดรัด สามารถติดตั้งบนเตียงผ่าตัดได้โดยตรง ทำให้สะดวกแก่การใช้งานและไม่กีดขวางพื้นที่ในห้องผ่าตัด ระบบเหล่านี้มักใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ในการสร้างภาพสามมิติจากภาพถ่ายเอกซเรย์ธรรมดา ช่วยให้โรงพยาบาลที่ไม่มีเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถใช้เทคโนโลยีหุ่นยนต์ได้ (Siddiqi et al., 2021: 45–59)



ภาพที่ ๒ แบบจำลองสามมิติของหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม

ข้อดีของการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์

การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมด้วยหุ่นยนต์มีข้อดีหลายประการเมื่อเทียบกับการผ่าตัดแบบดั้งเดิม ข้อดีที่สำคัญที่สุดคือความแม่นยำที่สูงขึ้นในการวางตำแหน่งข้อเข่าเทียม งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่า การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ช่วยลดความผิดพลาดในการจัดแนวกระดูก (Ruangsomboon et al., 2023: 60–79) เพราะพบว่าการผ่าตัดแบบดั้งเดิมมีอัตราการเบี่ยงเบนจากแนวที่ต้องการถึงร้อยละ ๒๖ ในขณะที่การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์มีอัตราการเบี่ยงเบนเพียงร้อยละ ๐–๑๔ เท่านั้น (Liow et al., 2014: 2373–7, Song et al., 2013: 118–26 and Pipino et al., 2024) ความแม่นยำนี้สำคัญอย่างยิ่งเนื่องจากการวางตำแหน่งที่ไม่ถูกต้องอาจนำไปสู่การสึกหรอที่ไม่สม่ำเสมอและการหลวมของข้อเข่าเทียม ซึ่งอาจต้องผ่าตัดแก้ไขในอนาคต (Jeffery et al., 1991: 709–14) ข้อดีอีกประการหนึ่งคือการลดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อรอบข้อกระดูก ระบบหุ่นยนต์จะช่วยควบคุมการตัดกระดูกให้อยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้อย่างแม่นยำ ทำให้ลดโอกาสที่จะเกิดการบาดเจ็บของเอ็น กล้ามเนื้อ และเส้นเลือดรอบข้อเข่าโดยไม่ตั้งใจ (Kayani et al., 2018: 2496–501) จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการพบว่า การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ช่วยลดการบาดเจ็บของเอ็นไขว้หลัง และการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อบริเวณกระดูกสะบ้าเมื่อเทียบกับการผ่าตัดแบบดั้งเดิม ซึ่งอาจส่งผลให้การฟื้นตัวหลังผ่าตัดเป็นไปได้อย่างราบรื่นมากขึ้น (Hampp et al., 2019: 495–501 and Khlopas et al., 2017: 30–441) นอกจากนี้ ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์มักมีอาการปวดน้อยกว่า ไข้ยาแก้ปวดน้อยลง และฟื้นตัวได้เร็วกว่า งานวิจัยชี้ว่า ผู้ป่วยกลุ่มนี้สามารถยกขาตรงได้เร็วกว่า มีองศาการงอเข่าที่ดีกว่า เมื่อออกจากโรงพยาบาล และใช้เวลาพักฟื้นในโรงพยาบาลสั้นลง โดยเฉลี่ยประมาณ ๗๗ ชั่วโมง เทียบกับ ๑๐๕ ชั่วโมง ในการผ่าตัดแบบดั้งเดิม ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ป่วย หากยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลอีกด้วย (Kayani et al., 2018: 930–7 and Khlopas et al. and Chareancholvanich et al., 2025: 1359–64) การผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ยังช่วยให้แพทย์สามารถวางแผนการผ่าตัดเฉพาะบุคคลได้อย่างละเอียด โดยคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของกายวิภาคและการเคลื่อนไหวของผู้ป่วยแต่ละราย ทำให้ข้อเข่าเทียมทำงานได้สอดคล้องกับรูปแบบการเคลื่อนไหวตามธรรมชาติของผู้ป่วยมากขึ้น ซึ่งอาจส่งผลให้ผู้ป่วยรู้สึกว่าการผ่าตัดเป็นธรรมชาติ

มากขึ้นและพึงพอใจมากขึ้น (Marchand et al., 2017: 849–53 and Liow et al., 2017: 2942–51) ผลลัพธ์ทางคลินิกในระยะสั้นของการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ก็น่าประทับใจเช่นกัน งานวิจัยชี้ว่า ผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์มีคะแนนการประเมินการทำงานของข้อเข่าที่ดีขึ้นในช่วง ๓–๖ เดือนแรกหลังการผ่าตัด โดยเฉพาะในด้านการเดิน การยืน และกิจกรรมทั่วไป รวมถึงพึงพอใจโดยรวมมากกว่าผู้ที่ได้รับการผ่าตัดแบบดั้งเดิม (Ren et al., 2019: 125–33 and Khlopas et al., 2020: 685–90) อย่างไรก็ตาม ต้องเข้าใจว่าไม่ใช่ทุกคนที่จะได้รับประโยชน์จากการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์เหมือนกัน ผู้ป่วยบางรายอาจไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างทั้ง ๒ วิธี โดยเฉพาะในระยะยาว งานวิจัยในปัจจุบันยังไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในผลลัพธ์ระยะยาว (มากกว่า ๑๐ ปี) ระหว่างการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์กับการผ่าตัดแบบดั้งเดิม ทั้งในแง่ของการทำงานของข้อเข่าและอายุการใช้งานของข้อเข่าเทียม (Ruangsomboon et al., 2023: 60–79, Kim et al., 2021: 1407 and Cho et al., 2019: 1345–54)

ผลการศึกษาจากโรงพยาบาลศิริราช

ล่าสุด การศึกษาจากโรงพยาบาลศิริราช (Chareancholvanich et al., 2025: 1359–64) ได้ยืนยันข้อดีของการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์ โดยที่คณะแพทย์ได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมโดยใช้หุ่นยนต์ช่วยกับการผ่าตัดแบบดั้งเดิมในผู้ป่วย ๒๓๐ รายที่รับการผ่าตัดทั้งหมด ๓๐๙ เข่า จากผลการศึกษาพบว่า แม้ขณะพักจะไม่พบความแตกต่างของระดับความปวด แต่ในขณะเคลื่อนไหว ผู้ป่วยที่ผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์เจ็บปวดน้อยกว่าอย่างชัดเจนในช่วง ๒๔ ชั่วโมงหลังผ่าตัด ยิ่งไปกว่านั้น ผู้ป่วยกลุ่มนี้ยังใช้ยาแก้ปวดประเภทมอร์ฟีนน้อยกว่ามากในช่วง ๔๘ ชั่วโมงแรกหลังการผ่าตัด ที่น่าสนใจคือผู้ที่ได้รับการผ่าตัดด้วยหุ่นยนต์มีระยะเวลาอยู่ในโรงพยาบาลสั้นกว่า ซึ่งเป็นประโยชน์ทั้งแก่ตัวผู้ป่วยที่สามารถกลับบ้านได้เร็วขึ้น และต่อระบบสาธารณสุขที่สามารถลดภาระค่าใช้จ่ายลงได้

บทสรุป

การผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมด้วยหุ่นยนต์เป็นความก้าวหน้าทางการแพทย์ที่น่าสนใจและมีแนวโน้มที่จะเข้ามามีบทบาทมากขึ้นในอนาคต ด้วยข้อดีในด้านความแม่นยำ การลดการบาดเจ็บของเนื้อเยื่อรอบข้อ การฟื้นตัวที่เร็วขึ้น และความเจ็บปวดที่น้อยลง ทำให้เทคโนโลยีนี้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจสำหรับผู้ป่วยที่ต้องเข้ารับการผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียม อย่างไรก็ตาม ในการตัดสินใจเลือกวิธีการผ่าตัดควรพิจารณาปัจจัยรอบด้าน ทั้งค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น การเข้าถึงเทคโนโลยีที่อาจจำกัดในบางพื้นที่ ประสิทธิภาพของศัลยแพทย์ และสภาพข้อเข่าของผู้ป่วยแต่ละราย ผู้ป่วยควรปรึกษาแพทย์อย่างละเอียดถึงข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธี เพื่อเลือกวิธีการรักษาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับตนเอง เทคโนโลยีหุ่นยนต์ช่วยผ่าตัดเปลี่ยนข้อเข่าเทียมไม่เป็นเพียงนวัตกรรมที่น่าตื่นตาตื่นใจ แต่เป็นเครื่องมือที่มีศักยภาพในการปรับปรุงผลลัพธ์และประสบการณ์ของผู้ป่วย ช่วยให้ผู้ป่วยสามารถกลับมาใช้ชีวิตที่ปราศจากความเจ็บปวดและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่งานวิจัยเกี่ยวกับผลลัพธ์ระยะยาวยังคงดำเนินต่อไป เราสามารถคาดหวังได้ว่าเทคโนโลยีนี้จะยังคงพัฒนาและมีบทบาทสำคัญในการดูแลรักษาผู้ป่วยโรคข้อเข่าเสื่อมในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- Carr, A.J., Robertsson, O., Graves, S., Price, A.J., Arden, N.K., Judge, A., et al. (2021). Knee replacement. *Lancet*, 379(9823):1331–40.
- Chareancholvanich, K., Pornrattanamaneewong, C., Udompanich, R., Awiroatananon, K., Narkbunnam, R. (2025). A comparative study of early postoperative pain: robotic-assisted versus conventional total knee arthroplasty. *Int Orthop*, 49(6):1359–64.
- Cho, K.J., Seon, J.K., Jang, W.Y., Park, C.G., Song, E.K. (2019). Robotic versus conventional primary total knee arthroplasty: clinical and radiological long-term results with a minimum follow-up of ten years. *Int Orthop*, 43(6):1345–54.
- Gunaratne, R., Pratt, D.N., Banda, J., Fick, D.P., Khan, R.J.K., Robertson, B.W. (2017). Patient dissatisfaction following total knee arthroplasty: a systematic review of the literature. *J Arthroplasty*, 32(12):3854–60.
- Hampp, E.L., Sodhi, N., Scholl, L., Deren, M.E., Yenna, Z., Westrich, G., et al. (2019). Less iatrogenic soft-tissue damage utilizing robotic-assisted total knee arthroplasty when compared with a manual approach: A blinded assessment. *Bone Joint Res*, 8(10):495–501.
- Jacofsky, D.J., Allen, M. (2016). Robotics in arthroplasty: a comprehensive review. *J Arthroplasty*, 31(10):2353–63.
- Jeffery, R.S., Morris, R.W., Denham, R.A. (1991). Coronal alignment after total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br*, 73(5):709–14.
- Kayani, B., Konan, S., Tahmassebi, J., Pietrzak, J.R.T., Haddad, F.S. (2018). Robotic-arm assisted total knee arthroplasty is associated with improved early functional recovery and reduced time to hospital discharge compared with conventional jig-based total knee arthroplasty: a prospective cohort study. *Bone Joint J.*, 100-b(7):930–7.
- Kayani, B., Konan, S., Pietrzak, J.R.T., Haddad, F., S. (2018). Iatrogenic bone and soft tissue trauma in robotic-arm assisted total knee arthroplasty compared with conventional jig-based total knee arthroplasty: a prospective cohort study and validation of a new classification system. *J Arthroplasty*, 33(8):2496–501.
- Kayani, B., Konan, S., Ayuob, A., Onochie, E., Al-Jabri, T. (2019). Haddad FS. Robotic technology in total knee arthroplasty: a systematic review. *EFORT Open Rev*, 4(10):611–7.
- Khlopas, A., Chughtai, M., Hampp, E.L., Scholl, L.Y., Prieto, M., Chang, T.C., et al. (2017). Robotic-arm Assisted total knee arthroplasty demonstrated soft tissue protection. *Surg Technol Int*, 30:441–6.

- Khlopas, A., Sodhi, N., Hozack, W.J., Chen, A.F., Mahoney, O.M., Kinsey, T., et al. (2020). Patient-reported functional and satisfaction outcomes after robotic-arm-assisted total knee arthroplasty: early results of a prospective multicenter investigation. *J Knee Surg*, 33(7):685–90.
- Kim, Y.H., Yoon, S.H., Park, J.W. (2021). Erratum to: does robotic-assisted TKA result in better outcome scores or long-term survivorship than conventional TKA? a randomized, controlled trial. *Clin Orthop Relat Res*, 479(6):1407.
- Liow, M.H., Xia, Z., Wong, M.K., Tay, K.J., Yeo, S.J., Chin, P.L. (2014). Robot-assisted total knee arthroplasty accurately restores the joint line and mechanical axis. A prospective randomised study. *J Arthroplasty*, 29(12):2373–7.
- Liow, M.H.L, Goh, G.S., Wong M.K., Chin P.L., Tay, D.K., Yeo, S.J. (2017). Robotic-assisted total knee arthroplasty may lead to improvement in quality-of-life measures: a 2-year follow-up of a prospective randomized trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25(9):2942–51.
- Marchand, R.C., Sodhi, N., Khlopas, A., Sultan, A.A., Harwin, S.F., Malkani, A.L., et al. (2017). Patient satisfaction outcomes after robotic arm-assisted total knee arthroplasty: a short-term evaluation. *J Knee Surg*, 30(9):849–53.
- Pipino, G., Giai Via, A., Ratano, M., Spoliti, M., Lanzetti, R.M., Oliva, F. (2024). Robotic Total Knee Arthroplasty: An Update. *J Pers Med*, 14(6).
- Ren, Y., Cao, S., Wu, J., Weng, X., Feng, B. (2019). Efficacy and reliability of active robotic-assisted total knee arthroplasty compared with conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis. *Postgrad Med J*, 95(1121):125–33.
- Roche, M. (2021). The MAKO robotic-arm knee arthroplasty system. *Arch Orthop Trauma Surg*, 141(12):2043–7.
- Ruangsomboon, P., Ruangsomboon, O., Pornrattanamaneewong, C., Narkbunnam, R., Chareancholvanich, K. (2023). Clinical and radiological outcomes of robotic-assisted versus conventional total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Orthop*, 94:60–79.
- Siddiqi, A., Hardaker, W.M., Eachempati, K.K., Sheth, N.P. (2017). Advances in computer-aided technology for total knee arthroplasty. *Orthopedics*, 40(6):338–52.
- Siddiqi A, Mont MA, Krebs VE, Piuuzzi NS. (2021). Not All Robotic-assisted Total Knee Arthroplasty Are the Same. *J Am Acad Orthop Surg*, 29(2):45–59.

- Song, E.K., Seon, J.K., Yim, J.H., Netravali, N.A., Bargar, W.L. (2013). Robotic-assisted TKA reduces postoperative alignment outliers and improves gap balance compared to conventional TKA. *Clin Orthop Relat Res*, 471(1):118–26.
- S.t., Mart, J.P., Goh, E.L. (2021). The current state of robotics in total knee arthroplasty. *EFORT Open Rev*, 6(4):270–9.

ไส้เดือนชายหาด (Littoral earthworm)

ธีระพงศ์ สีสุมทร์^๑ และ สมศักดิ์ ปัญหา^{๒, ๓}

^๑ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

^๒ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^๓ภาคีสมาชิก สาขาสัตววิทยา ประเภทชีววิทยา ศาสตร์ธรรมชาติ สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

somsak.pan@chula.ac.th

บทนำ

ไส้เดือนชายหาด (littoral earthworm) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่พบได้ทั่วไปในระบบนิเวศชายฝั่งของภูมิภาคเขตร้อนและเขตอบอุ่นทั่วโลก โดยมีเขตการกระจายพันธุ์ครอบคลุมชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิก มหาสมุทรแอตแลนติก และมหาสมุทรอินเดีย ไส้เดือนชายหาดจัดอยู่ในประเภทไส้เดือนบก (terrestrial earthworms) ไม่ใช่ไส้เดือนทะเล (polychaetes) จำแนกในวงศ์ Megascolecidae ในสกุล *Pontodrilus* ดำรงชีวิตในพื้นที่ที่มีระดับความเค็มที่หลากหลาย และมีบทบาทสำคัญในการปรับปรุงโครงสร้างทั้งทางกายภาพและชีวภาพของดินและทรายในระบบนิเวศชายฝั่งทะเล แหล่งที่อยู่อาศัยของไส้เดือนชายหาดมักเป็นบริเวณที่มีวัสดุธรรมชาติและอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่หนาแน่น เช่น ใต้ขอนไม้ผุหรือกองขยะธรรมชาติ บริเวณชายหาด หรือบริเวณที่มีน้ำจืดไหลเชื่อมต่อกับทะเล มีรายงานชนิดของไส้เดือนชายหาดทั้งฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกและแอตแลนติกจำนวน ๓ ชนิด (ตารางที่ ๑) ทั้งชนิดที่มีจำเพาะในมหาสมุทรแต่ละแห่งและชนิดที่อยู่ทั้ง ๒ มหาสมุทร

ตารางที่ ๑ รายงานการพบไส้เดือนชายหาดสกุล *Pontodrilus* ที่ชายฝั่งมหาสมุทร ๒ แห่ง

ชนิด/มหาสมุทร	มหาสมุทรแปซิฟิก	มหาสมุทรแอตแลนติก
<i>Pontodrilus littoralis</i>	✓	✓
<i>Pontodrilus primoris</i>	✓	-
<i>Pontodrilus longissimus</i>	✓	-

ประเทศไทยมีรายงานการค้นพบไส้เดือนชนิด *Pontodrilus littoralis* ครั้งแรกบริเวณชายหาดอำเภอนนทบุรี จังหวัดนครศรีธรรมราช ใน พ.ศ. ๒๕๕๐ โดยทีมวิจัยจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยภายใต้การนำของ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญด้านไส้เดือนชาวอเมริกัน Dr. Samuel Wooster James และใน พ.ศ. ๒๕๖๑ ดร.ธีระพงศ์ สีสุมทร์ และ ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา ได้รายงานการค้นพบไส้เดือนชนิดใหม่ของโลกจากหาดปากเมง อำเภอสิเกา จังหวัดตรัง โดยตั้งชื่อว่า *Pontodrilus longissimus* Seesamut & Panha, 2018 (ภาพที่ ๑)



ภาพที่ ๑ ชนิดของไส้เดือนชายหาดที่พบในประเทศไทย 1. ชนิด *Pontodrilus littoralis* 2. ชนิด *P. longissimus*

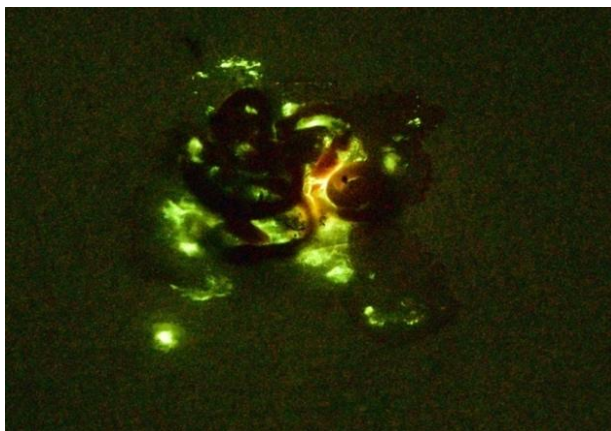
ไส้เดือนชายหาดชนิด *Pontodrilus littoralis* (Grube, 1855)

Pontodrilus littoralis เป็นชนิดของไส้เดือนชายหาดที่มีรายงานการพบอยู่ทั่วโลก โดยพบได้ทั่วไปในแหล่งที่อยู่อาศัยตามแนวชายฝั่งทะเล การค้นพบครั้งแรกมีรายงานว่าอยู่ที่บริเวณชายหาดประเทศฝรั่งเศส ในประเทศไทยมีผู้พบไส้เดือนชนิดนี้ทั้งในพื้นที่ชายฝั่งทะเลด้านอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน รวมถึงเกาะต่าง ๆ การกระจายตัวของ *P. littoralis* ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมเป็นหลัก เช่น อุณหภูมิ ปริมาณสารอินทรีย์ ความชื้นในดิน จากการสำรวจแหล่งที่อยู่อาศัยของ *P. littoralis* ในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าไส้เดือนชนิดนี้อาศัยอยู่ในแหล่งที่อยู่อาศัยหลายประเภทและทนความเค็มได้ในช่วงกว้าง แหล่งที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่ได้แก่บริเวณเชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกกับระบบนิเวศทะเล ที่มีคำศัพท์เรียกว่า “ecotone” อันได้แก่ป่าชายเลนในเขตน้ำขึ้นน้ำลง พื้นที่ที่น้ำถูกระบายจากแหล่งชุมชนลงสู่ทะเล บริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณใต้เศษขยะหรือใบไม้บนชายหาด *P. littoralis* อาศัยอยู่ตั้งแต่ชั้นผิวทรายจนถึงชั้นดินที่มีความลึกถึงประมาณ ๓๐ เซนติเมตร โดยที่พื้นที่นั้นต้องเป็นบริเวณที่น้ำทะเลท่วมถึง

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของ *P. littoralis* ที่โดดเด่นก็คือ ลำตัวมีความยาวตั้งแต่ ๓-๑๔ เซนติเมตร มีจำนวนปล้องตั้งแต่ ๗๐-๑๓๐ ปล้อง ปลอกโคลเทลลัมมีลักษณะเป็นแถบวงแหวนอยู่ระหว่างปล้องที่ ๑๓-๑๗ หรือ ๑๘ แต่ไม่เชื่อมติดกันทางด้านท้อง ช่องเปิดเพศเมียมีหนึ่งคู่อยู่ที่ปล้องที่ ๑๔ ช่องรับสเปิร์มมี ๒ คู่ อยู่ระหว่างปล้องที่ ๗ กับ ๘ และ ๘ กับ ๙ ส่วนถุงเก็บสเปิร์มอยู่ที่ปล้องที่ ๘ และ ๙ ซึ่งภายในมีไคเวอร์ทิคูลัม (diverticulum) สำหรับช่องเปิดเพศผู้ที่มีลักษณะเป็นรูเปิดขนาดเล็กหนึ่งคู่ อยู่ที่ปล้องที่ ๑๘ บริเวณระหว่างปล้องที่ ๑๙ กับ ๒๐ หรือระหว่างปล้องที่ ๒๐ กับ ๒๑ มีปุ่มนูนที่ทำหน้าที่ยึดเกาะระหว่างการผสมพันธุ์

คุณลักษณะที่โดดเด่นอีกประการหนึ่งของไส้เดือนชายหาดชนิดนี้คือ การปล่อยของเหลวที่มีสมบัติเรืองแสงทางชีวภาพ (bioluminescence) จากช่องภายในลำตัวเมื่อได้รับการกระตุ้น (ภาพที่ ๒) เพื่อเป็นกลไกในการป้องกันตนเองจากศัตรูตามธรรมชาติ กระบวนการเรืองแสงดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี

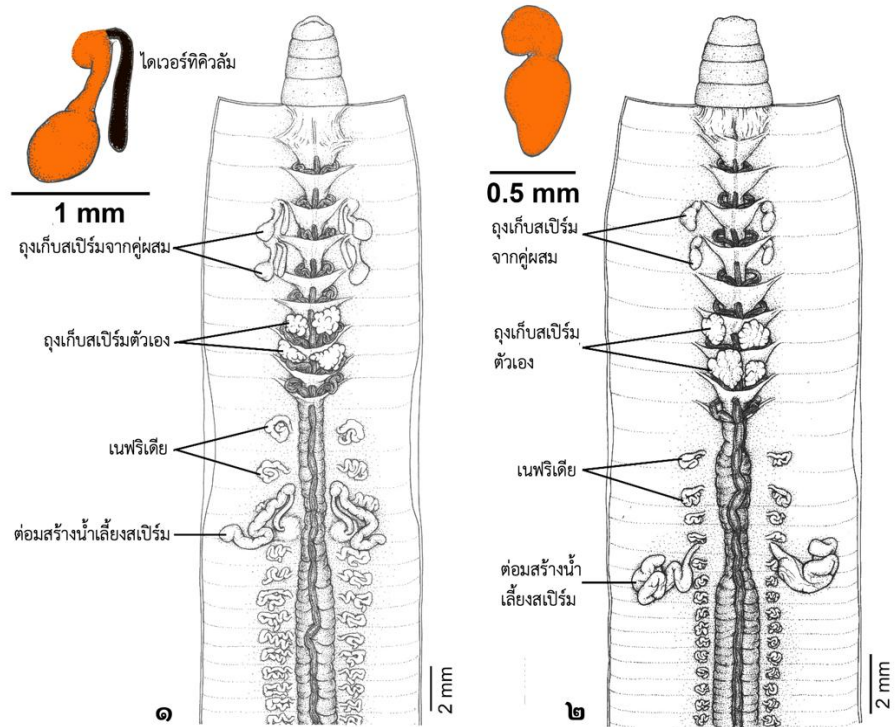
ระหว่างเอนไซม์ลูซิเฟอเรส (luciferase) กับสารลูซิเฟอริน (luciferin) โดยที่แสงที่เห็นได้เป็นแสงสีเขียว เชื่อว่าการเรืองแสงนี้จะทำให้นักล่าหยุดชะงักเมื่อเข้าโจมตีและเพิ่มโอกาสในการหลบหนีในธรรมชาติได้



ภาพที่ ๒ การเรืองแสงทางชีวภาพของไส้เดือนขยายหาคชนิด *Pontodrilus litoralis*

ไส้เดือนขยายหาคชนิด *Pontodrilus longissimus* Seesamut & Panha, 2018

Pontodrilus longissimus เป็นไส้เดือนขยายหาคที่มีลำตัวขนาดใหญ่กว่า *P. litoralis* ตัวเต็มวัยมีความยาวประมาณ ๑๓-๑๗ เซนติเมตร ประกอบด้วยปล้องจำนวน ๑๖๐-๑๙๑ ปล้อง ปลอกโคลเทิลล์มีลักษณะเป็นแถบวงแหวนแต่ไม่เชื่อมต่อกันทางด้านท้อง และอยู่ระหว่างปล้องที่ ๑๓-๑๗ หรือ ๑๘ ช่องเปิดเพศเมียจำนวนหนึ่งคู่อยู่ที่ปล้องที่ ๑๔ ช่องรับสเปิร์มมี ๒ คู่ อยู่ระหว่างปล้องที่ ๗ กับ ๘ และ ๘ กับ ๙ ขณะที่ถุงเก็บสเปิร์มอยู่ในปล้องที่ ๘ และ ๙ โดยไม่มีโครงสร้างไคเวอร์ทิคิวลัม (diverticulum) (ภาพที่ ๓) ช่องเปิดเพศผู้มีลักษณะเป็นรูเปิดขนาดเล็กหนึ่งคู่ ตั้งอยู่ที่ปล้องที่ ๑๘ บริเวณปุ่มยึดเกาะที่ใช้ขณะมีการผสมพันธุ์อยู่ระหว่างปล้องที่ ๑๗ กับ ๑๘ และระหว่างปล้องที่ ๑๙ กับ ๒๐ *P. longissimus* นี้พบครั้งแรกจากบริเวณหาดปากเมง อำเภอสีเกา จังหวัดตรัง และมีรายงานการพบทั้งในฝั่งอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน (ภาพที่ ๔) โดยแหล่งที่อยู่อาศัยส่วนใหญ่อยู่บริเวณปากแม่น้ำหรือคลองที่เป็นทางน้ำจืดเชื่อมต่อออกสู่ทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่มีค่าความเค็มต่ำ สอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าไส้เดือนชนิดนี้อยู่ที่ความเค็มต่ำกว่าชนิด *P. litoralis* ทั้งนี้ไส้เดือนชนิด *P. longissimus* ไม่สามารถสร้างปรากฏการณ์เรืองแสงทางชีวภาพได้



ภาพที่ ๓ ๑. สัณฐานวิทยาภายในของ *Pontodrilus litoralis* ๒. สัณฐานวิทยาภายในของ *P. longissimus*



ภาพที่ ๔ 1. ถิ่นอาศัยของไส้เดือนขยายหาดชนิด *Pontodrilus longissimus* 2. ไส้เดือนขยายหาดชนิด *P. longissimus* และถุงไข่ (cocoon)

ความสัมพันธ์ระหว่างไส้เดือนขยายหาดกับระบบนิเวศชายหาด

ไส้เดือนเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการย่อยสลายในระบบนิเวศ และได้รับการขนานนามว่าเป็น “วิศวกรของระบบนิเวศดิน” (soil ecosystem engineers) เนื่องจากสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของดินทั้งในเชิงกายภาพ เคมี และชีวภาพ ทำให้ไส้เดือนเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศบนบกมาอย่างยาวนาน พฤติกรรมการกินอาหารของไส้เดือนช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ เปลี่ยนเศษซากอินทรีย์ให้เป็นรูปแบบที่พืชและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้โดยตรง จากการเก็บตัวอย่างพบว่า ไส้เดือนทั้ง ๒ ชนิดจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มจำนวนมากในบริเวณที่มีเศษซากอินทรีย์และขยะ (ภาพที่ ๕) แสดงถึงบทบาทสำคัญทางระบบนิเวศในฐานะผู้ย่อยสลายทางธรรมชาติในระบบนิเวศชายหาด การอนุรักษ์ไส้เดือนชายหาดจึงเป็นสิ่งสำคัญในการรักษาคุณภาพและความหลากหลายในระบบนิเวศชายหาดทั่วโลก



ภาพที่ ๕ ถิ่นอาศัยของไส้เดือนชายหาดเป็นบริเวณที่มีขยะและเศษอินทรีย์เป็นจำนวนมาก

บรรณานุกรม

- Seesamut, T., Jirapatrasilp, P., Chanabun, R., Oba, Y., Panha, S. (2019) Size variation and geographical distribution of the luminous earthworm *Pontodrilus littoralis* (Grube, 1855) (Clitellata, Megascolecidae) in Southeast Asia and Japan. *Zookeys*, 862, 23–43.
- Seesamut, T., Sutcharit, C., Jirapatrasilp, P., Chanabun, R., Panha, S. (2018) Morphological and molecular evidence reveal a new species of the earthworm genus *Pontodrilus* Perrier, 1874 (Clitellata, Megascolecidae) from Thailand and Peninsular Malaysia. *Zootaxa*, 4496(1), 218–37.
- Seesamut, T., Yano, D., Paitio, J., Kin, I., Panha, S., Oba, Y. (2021) Occurrence of bioluminescent and nonbioluminescent species in the littoral earthworm genus *Pontodrilus*. *Scientific Reports*, 11, 8407.

ผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทย (Himalayan giant honeybees in Thailand)

ชวรัช ธนุสิงห์^๑, ณัฐพจน์ วาฤทธิ์^๑, อิศราพงษ์ วรพาบ^๒ และ สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ^๓

^๑ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

^๒สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

^๓ราชบัณฑิต สาขาวิชากีฏวิทยา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์

สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

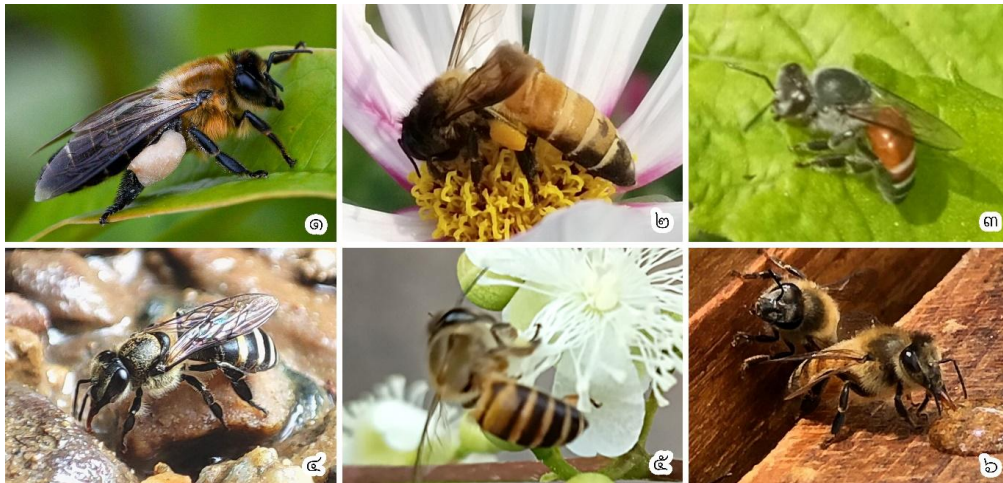
บทคัดย่อ

ผึ้งให้น้ำหวานมีความสำคัญต่อระบบนิเวศและทางเศรษฐกิจในการถ่ายละอองเรณูพืชผลทางการเกษตร และผลิตน้ำผึ้ง ประเทศไทยพบผึ้งให้น้ำหวาน ทั้งที่เป็นชนิดประจำท้องถิ่นและชนิดนำเข้า รวมทั้งหมด ๖ ชนิด โดยที่ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นชนิดที่พบล่าสุดที่อุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ และระบุชนิดโดยใช้หลักวิทยาศาสตร์ ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นผึ้งให้น้ำหวานที่มีขนาดใหญ่คล้ายผึ้งหลวง แต่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาและพันธุกรรมที่แตกต่าง การค้นพบผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยแสดงให้เห็นถึงความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรในประเทศ ซึ่งต้องอนุรักษ์ต่อไป

คำสำคัญ : ผึ้งหลวงหิมาลัย พื้นที่คุ้มครอง การค้นพบครั้งแรก ดอยผ้าห่มปก

บทนำ

ผึ้งให้น้ำหวานในสกุล *Apis* เป็นแมลงถ่ายละอองเรณูที่สำคัญให้แก่พืชดอก เช่น เงาะ ลิ้นจี่ ลำไย ซึ่งเป็นพืชผลทางเศรษฐกิจของไทย นอกจากนี้ ผึ้งให้น้ำหวานสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจ เช่น น้ำผึ้ง ไขผึ้ง นมผึ้ง ได้อีกด้วย ประเทศไทยมีรายงานจำนวนมากเกี่ยวกับชนิดของผึ้งให้น้ำหวานสูง ในปัจจุบันมีรายงานการพบผึ้งให้น้ำหวานในประเทศไทยทั้งหมด ๖ ชนิด (ภาพที่ ๑) โดยเป็นชนิดประจำท้องถิ่น ๕ ชนิด ได้แก่ ผึ้งโพรง (*Apis cerana* Fabricius, 1793) ผึ้งมีม (*Apis florea* Fabricius, 1787) ผึ้งม้าน (*Apis andreniformis* Smith, 1858) ผึ้งหลวง (*Apis dorsata* Fabricius, 1793) และผึ้งหลวงหิมาลัย (*Apis laboriosa* Smith, 1871) รวมทั้งชนิดนำเข้า ๑ ชนิด คือ ผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* Linnaeus, 1758) (Engel, 2001; Voraphab et al., 2024)



ภาพที่ ๑ ผึ้งให้น้ำหวานที่พบในประเทศไทย (ประกอบด้วย ๑ ผึ้งหลวงหิมาลัย, ๒ ผึ้งหลวง, ๓ ผึ้งมี้ม, ๔ ผึ้งม้าน, ๕ ผึ้งโพรง และ ๖ ผึ้งพันธุ์)

ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นผึ้งให้น้ำหวานที่มีผู้รายงานล่าสุดในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. ๒๕๖๗ โดยพบครั้งแรกที่ดอยผ้าห่มปก อุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ (Voraphab et al., 2024) (ภาพที่ ๒) ซึ่งถือได้ว่าเป็นรายงานการพบชนิดของผึ้งให้น้ำหวานในประเทศไทยในรอบ ๓๕ ปี หลังจากมีรายงานการพบผึ้งม้านในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. ๒๕๓๒ (Wongsiri et al., 1990) การค้นพบชนิดของผึ้งให้น้ำหวานครั้งนี้ถือได้ว่าเป็นเรื่องสำคัญ เพราะทำให้ทราบว่า ประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรในประเทศ ซึ่งมีแนวโน้มที่จะต่อยอดทางเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพต่อไปได้



ภาพที่ ๒ ผึ้งหลวงหิมาลัยที่พบบนดอยผ้าห่มปก (ภาพ : Narinphak Thiratveeranan)

ผึ้งหลวงหิมาลัย

ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นผึ้งให้น้ำหวานขนาดใหญ่อีกชนิดหนึ่ง มีลักษณะคล้ายผึ้งหลวงแต่มีขนาดใหญ่กว่า มีท้องสีดำ สีของลำตัวเข้มกว่าผึ้งหลวง และขนรอบบริเวณปล้องอกมีสีเหลืองทอง ผึ้งชนิดนี้ดำรงชีวิตแบบสังคมแท้ แบ่งวรรณะเหมือนกับผึ้งให้น้ำหวานชนิดอื่น ๆ คือ นางพญา ผึ้งงาน และผึ้งเพศผู้ มีการเปลี่ยนรูปร่างหรือเมแทมอร์โฟซิส (metamorphosis) สมบูรณ์ ผึ้งหลวงหิมาลัยทำรังแบบเปิดเหมือนผึ้งหลวงแต่ มักทำรังบริเวณหน้าผา (ภาพที่ ๓) ในบริเวณภูเขาสูงตั้งแต่ ๑,๐๐๐ ถึงมากกว่า ๔,๕๐๐ เมตรจากระดับน้ำทะเล และในพื้นที่ที่มีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำ (อุณหภูมิน้อยกว่า ๒๕ องศาเซลเซียส) ต่างกับผึ้งหลวงที่มักจะทำรังได้กิ่งไม้ขนาดใหญ่ มีประชากรต่อรัง ๕๐,๐๐๐-๑๐๐,๐๐๐ ตัว ผึ้งหลวงหิมาลัยกระจายอยู่ตามแนวเทือกเขาหิมาลัย ในประเทศอินเดีย เนปาล ภูฏาน จีน รวมทั้งในเมียนมา ลาว เวียดนาม และไทย (Otis et al., 2024)

ผึ้งหลวงหิมาลัยมีผู้บรรยายลักษณะครั้งแรกในวารสารการประชุมของสมาคมสัตววิทยาแห่งกรุงลอนดอน (Proceedings of the Zoological Society of London) เมื่อ พ.ศ. ๒๔๑๔ (Smith, 1871) คือ นักกีฏวิทยาชาวอังกฤษประจำพิพิธภัณฑ์บริติช (British Museum) กรุงลอนดอน ที่ชื่อว่า เฟรเดอริก สมิท (Frederick Smith) (๒๓๔๘-๒๔๒๒) ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญแมลงในกลุ่มผึ้ง มด ต่อ และแตน (Hymenoptera) การบรรยายลักษณะตัวอย่างต้นแบบ (type specimen) ของผึ้งหลวงหิมาลัยนั้นใช้ตัวอย่างจากผึ้งในวรรณะผึ้งงาน โดยที่ตัวอย่างต้นแบบนี้เก็บได้จากมณฑลยูนนาน สาธารณรัฐประชาชนจีน และชื่อบ่งชนิดของผึ้งหลวงหิมาลัย คือ *laboriosa* นั้นแปลว่า การทำงานหนัก ซึ่งมาจากตัวอย่างต้นแบบที่เป็นวรรณะผึ้งงาน ตัวอย่างต้นแบบนี้เก็บรักษาอยู่ที่พิพิธภัณฑ์บริติช (หมายเลขตัวอย่าง NHMUK014026484) ก่อนจะถ่ายโอนมาเป็นพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา กรุงลอนดอน (the Natural History Museum, London) ในปัจจุบัน (Natural History Museum, 2019)

ผึ้งหลวงหิมาลัยออกหาอาหารในเวลากลางวัน ต่างกับผึ้งหลวงที่สามารถออกหาอาหารได้ในเวลากลางวันและกลางคืน ลักษณะนี้สามารถสังเกตได้จากตาเดียวของผึ้งหลวงหิมาลัยที่มีขนาดเล็กกว่าตาของผึ้งหลวง (Maa, 1953; Kitnya et al., 2020) ประโยชน์ของผึ้งหลวงหิมาลัยอยู่ที่การเป็นแมลงถ่ายละอองเรณูที่สำคัญและจำเพาะต่อพืชถิ่นเดียวและสังคมพืชในระบบนิเวศที่สูง โดยเฉพาะต้นกุหลาบพันปี (*Rhododendron* sp.) (Sakagami et al., 1980; Roubik et al., 1985) น้ำผึ้งที่ได้จากผึ้งหลวงหิมาลัยมีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่แตกต่างกับผึ้งหลวงทั่วไปและผึ้งให้น้ำหวานชนิดอื่น ๆ ในธรรมชาติ (ภาพที่ ๔) โดยเฉพาะน้ำผึ้งจากผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศอินเดียและเนปาลจะมีสีเข้ม มีความเป็นกรดและมีความชื้นที่สูงกว่า เมื่อเทียบกับน้ำผึ้งจากผึ้งโพรง (Olek et al., 1987) หากผึ้งหลวงหิมาลัยเก็บน้ำหวานจากดอกของต้นกุหลาบพันปี จะทำให้น้ำผึ้งที่ได้มีสารโรดोट็อกซิน (rhodotoxin) หรือ กรายาโนท็อกซิน (grayanotoxin) ซึ่งมีฤทธิ์หลอนประสาท เราเรียกน้ำผึ้งที่มาจากน้ำหวานของดอกกุหลาบพันปีว่า น้ำผึ้งสีแดง (red honey) หรือน้ำผึ้งเมา (mad honey) ซึ่งเป็นที่ต้องการอย่างสูงในตลาด ในประเทศเนปาลมีการจัดการท่องเที่ยวเพื่อชมรังของผึ้งหลวงหิมาลัยและเก็บน้ำผึ้งของผึ้งหลวงหิมาลัย (Ahmad et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ผึ้งหลวงหิมาลัยมีข้อเสีย คือ ไม่สามารถเลี้ยงในหีบเลี้ยงอย่างผึ้งโพรงหรือผึ้งพันธุ์ได้ ทำให้การผลิตน้ำผึ้งต้องมาจาก รัง

ธรรมชาติเท่านั้น ดังนั้น การเก็บผลผลิตน้ำผึ้งจากรังของผึ้งหลวงหิมาลัยอาจมีผลกระทบในแง่ที่เป็นการลดประชากรผึ้งหลวงหิมาลัยในธรรมชาติได้ (Warrit et al, 2023)

ค้นพบผึ้งหลวงหิมาลัยครั้งแรกในประเทศไทย

ผึ้งหลวงหิมาลัยมีรายงานการพบครั้งแรกในประเทศไทยที่ดอยผ้าห่มปก และตีพิมพ์รายงานการค้นพบนี้ตามหลักวิทยาศาสตร์ในวารสารวิชาการ *Apidologie* เมื่อเมษายน พ.ศ. ๒๕๖๗ (Voraphab et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ผึ้งหลวงหิมาลัยน่าจะอาศัยอยู่ในประเทศไทยมานานแล้ว เพราะมีหลักฐานการรายงานภาพถ่ายของผึ้งหลวงหิมาลัยอย่างไม่เป็นทางการผ่านแอปพลิเคชัน iNaturalist ซึ่งเป็นแพลตฟอร์มวิทยาศาสตร์ภาคพลเมือง เมื่อ พ.ศ. ๒๕๖๓ (iNaturalist, 2024)

การรายงานครั้งแรกในประเทศไทยตามหลักวิทยาศาสตร์นั้น เป็นผลจากการสำรวจของอุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก โดยกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ในเดือนเมษายน พ.ศ. ๒๕๖๕ ในการสำรวจครั้งนั้นได้พบผึ้งงานของผึ้งหลวงหิมาลัย รวมทั้งพบรังของผึ้งหลวงหิมาลัยจำนวน ๘ รัง สร้างติดกันอยู่บนหน้าผา บริเวณยอดดอยผ้าห่มปก นับเป็นการพบรังของผึ้งหลวงหิมาลัยครั้งแรกในประเทศไทย จากการศึกษาแบบจำลองการกระจายของผึ้งหลวงหิมาลัยเมื่อ พ.ศ. ๒๕๖๓ (Kitnya et al., 2020) พบว่า ดอยผ้าห่มปกน่าจะมีภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของผึ้งหลวงหิมาลัย เพราะเป็นสถานที่ที่พบผึ้งหลวงหิมาลัยจากการสำรวจเพิ่มเติมพบว่า ผึ้งหลวงหิมาลัยอพยพมาอาศัยบนหน้าผาบริเวณนี้ในทุก ๆ ปี และยังพบรังที่ยังมีกิจกรรมของผึ้งภายในรังช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ผึ้งหลวงหิมาลัยจะทิ้งรัง (absconding) จากบริเวณนี้เมื่อเข้าฤดูฝนในช่วงเดือนกรกฎาคม

การระบุชนิดตัวอย่างผึ้งหลวงหิมาลัยนั้น ใช้การเปรียบเทียบกับตัวอย่างต้นแบบ และใช้ข้อมูลทางสัณฐานวิทยาและชีววิทยาโมเลกุลของเครื่องหมายดีเอ็นเอ COI โดยศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านกีฏวิทยา : ชีววิทยาของผึ้ง ความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงและไร ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้วิจัยพบว่าผลที่ได้สอดคล้องกัน โดยที่ผลจากแผนภูมิต้นไม้วิวัฒนาการชาติพันธุ์ (phylogenetic tree) จากลำดับนิวคลีโอไทด์ของเครื่องหมายดีเอ็นเอ COI บ่งชี้ว่า ผึ้งหลวงหิมาลัยที่ดอยผ้าห่มปกนั้นจัดอยู่ใน เคลด (clade) เดียวกันกับผึ้งหลวงหิมาลัยจากประเทศอื่น ๆ เช่น ประเทศอินเดีย เนปาล และแยกเคลดอย่างชัดเจนกับเคลดของผึ้งหลวงทั่วไป จึงทำให้สรุปได้ว่า ผึ้งหลวงหิมาลัยที่พบบนดอยผ้าห่มปกนั้นเป็นผึ้งหลวงหิมาลัยจริง ไม่ใช่ผึ้งหลวงทั่วไป ทั้งนี้ วรรณะผึ้งงานของผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยมีลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังนี้ คือ ลำตัวมีความยาว 15.46 ± 0.65 มิลลิเมตร ความกว้างส่วนอก (intertegular distance) 3.26 ± 0.32 มิลลิเมตร เหล็กในมีเงี่ยง ๑๓-๑๔ เงี่ยง

จากการสำรวจในปัจจุบันพบว่า บัวทอง (*Hypericum hookerianum* Wight & Arn.) เป็นพืชอาหารของผึ้งหลวงหิมาลัยบนดอยผ้าห่มปก (ภาพที่ ๕) บัวทองเป็นพืชที่พบได้ในบริเวณที่สูงและมีอากาศหนาวเย็นเท่านั้น (Byrne et al., 2019) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผึ้งหลวงหิมาลัยมีความสำคัญต่อสังคมพืชในระบบนิเวศที่สูงที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดอยผ้าห่มปก น้ำผึ้งของผึ้งหลวงหิมาลัยนั้นแตกต่างกับน้ำผึ้งที่ได้จากผึ้งให้น้ำหวานชนิดอื่น ๆ ตามที่กล่าวไปข้างต้น แต่การศึกษาสมบัติของน้ำผึ้งของผึ้งหลวงหิมาลัยที่พบในประเทศไทยนั้นยัง

อยู่ในระหว่างการค้นคว้าวิจัย หากพบว่าน้ำผึ้งของผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยมีสมบัติเฉพาะ ก็อาจพัฒนาต่อยอดเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพต่อไปได้

ผึ้งหลวงหิมาลัยและการอนุรักษ์

ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นแมลงมีชีวิตความอุดมสมบูรณ์ของของผืนป่าอนุรักษ์ อุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก (ภาพที่ ๖) เนื่องจากผึ้งหลวงหิมาลัยมีประชากรต่อรังเป็นจำนวนมาก ดังนั้น สถานที่สร้างรังต้องมีแหล่งอาหารเพียงพอ การค้นพบรังผึ้งหลวงหิมาลัยจำนวนมากในพื้นที่เดียวกันแสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่นั่นเอง แม้ว่าผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยจะพบอยู่ในป่าอนุรักษ์ ในอุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปก และได้รับการคุ้มครองจากพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๒ แต่ก็อาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน

เป็นที่ทราบกันดีว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลกส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและที่อยู่อาศัยของสิ่งมีชีวิตทั่วโลก ซึ่งรวมถึงมนุษย์ด้วย การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity loss) เป็นหนึ่งในผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศที่ทั้งภาครัฐและเอกชนตระหนักถึงอันตรายและความสูญเสียที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ในปัจจุบันประชากรของผึ้งหลวงหิมาลัยในธรรมชาติกำลังลดลงเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศที่มีผลโดยตรงต่อการอพยพและการกระจาย รวมถึงการเก็บน้ำผึ้งอย่างไม่ยั่งยืน (Thapa et al., 2018; Warrit et al, 2023) การค้นพบผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยจึงมีความสำคัญต่อภาพรวมของหลากหลายทางชีวภาพและทรัพยากรสิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ในประเทศของเรา ในขณะที่ผึ้งกำลังถูกรุกรานจากการทำลายแหล่งที่อยู่ และได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

โดยสรุป ประเทศไทยมีรายงานเกี่ยวกับผึ้งให้น้ำหวานสกุล *Apis* ทั้งที่เป็นชนิดประจำท้องถิ่นและชนิดนำเข้า รวมทั้งหมด ๖ ชนิด โดยที่ผึ้งหลวงหิมาลัยเป็นชนิดล่าสุดที่มีผู้รายงาน ในปัจจุบันผึ้งหลวงหิมาลัยในประเทศไทยพบเพียงที่ดอยผ้าห่มปก จังหวัดเชียงใหม่ เท่านั้น การสำรวจพื้นที่อื่น ๆ โดยเฉพาะที่สูงในภาคเหนือของประเทศ อาจทำให้พบผึ้งหลวงหิมาลัยในพื้นที่นอกเหนือจากดอยผ้าห่มปกได้ ซึ่งก็ต้องศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายธนวัช ฉัตรธนบูรณ์ นายภากร นลินธชกัญจน์ และสมาชิกหน่วยวิจัยผึ้งและแมลงมัม ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ช่วยดำเนินงานวิจัย จัดเตรียมข้อมูลและภาพถ่าย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติดอยผ้าห่มปกที่อำนวยความสะดวกในการศึกษาภาคสนาม งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการทุนหลังปริญญาเอก กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทุนสนับสนุนจากสำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช และทุน SYNTHESYS+ (หมายเลขโครงการ ๘๒๓๘๒๗) ซึ่งสนับสนุนการตรวจสอบตัวอย่างต้นแบบของผึ้งหลวงหิมาลัย

เอกสารอ้างอิง

- Ahmad, F., Joshi, S.R. & Gurung, M. B. (2003) *The Himalayan cliff bee Apis laboriosa and the honey hunters of Kaski: indigenous honeybees of the Himalayas Vol. 1*. International Centre for Integrated Mountain Development, Kathmandu, Nepal.
- Engel, M. S. (2001) The honey bees of Thailand (Hymenoptera: Apidae). *Natural History Bulletin of the Siam Society*, 49, 113–116.
- Kitnya, N., Otis, G. W., Chakravorty, J., Smith, D. R. & Brockmann, A. (2022). *Apis laboriosa* confirmed by morphometric and genetic analyses of giant honey bees (Hymenoptera, Apidae) from sites of sympatry in Arunachal Pradesh, North East India. *Apidologie*, 53(4), 47.
- Maa, T-C. (1953) An inquiry into the systematics of the tribus Apidini or honeybees (Hym.). *Treubia*, 21, 525–640.
- Olek, A., Steinkraus, K. H., Mattick, L. R., Muego, K., Underwood, B. A., & Morse, R. A. (1987). Carbohydrate composition of two Nepalese honeys produced by *Apis laboriosa* and *Apis cerana*. *Journal of Apicultural Research*, 26(3), 203–04.
- Otis, G. W., Huang, M. J., Kitnya, N., Sheikh, U. A. A., Faiz, A. U. H., Phung, C. H., Warrit, N., Peng, Y-Q., Zhou, X., Oo, H. M., Acharya, N. & Devkota, K. (2024). The distribution of *Apis laboriosa* revisited: range extensions, biogeographic affinities, and species distribution modeling. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1374852.
- Roubik, D. W., Sakagami, S. F., & Kudo, I. (1985) A note on distribution and nesting of the Himalayan honey bee *Apis laboriosa* Smith (Hymenoptera: Apidae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 58(4), 764–49.
- Sakagami, S. F., Matsumura, T. & Ito, K. (1980) *Apis laboriosa* in Himalaya, the little known world largest honeybee (Hymenoptera: Apidae). *Insecta Matsumurana*, 19, 47–77.
- Thapa, R., Aryal, S. & Jung, C. (2018) Beekeeping and honey hunting in Nepal: Current status and future perspectives. In: Chantawannakul, P., Williams, G., Neumann, P. (Eds.), *Asian Beekeeping in the 21st Century*. Springer, Singapore, pp. 111–27.
- Voraphab, I., Chatthanabun, N., Nalinrachatakan, P., Thanooosing, C., Traiyasut, P., Kunsete, C., Deowanish, S., Otis, G. W. & Warrit, N. (2024). Discovery of the Himalayan giant honey bee, *Apis laboriosa*, in Thailand: a major range extension. *Apidologie*, 55(3), 31.
- Warrit, N., Ascher, J., Basu, P., Belavadi, V., Brockmann, A., Buchori, D et al. (2023). Opportunities and challenges in Asian bee research and conservation. *Biological Conservation*, 110173.

Wongsiri, S., Limbipichai, K., Tangkanasing, P., Mardan, M., Rinderer, T., Sylvester, H. A., Koeniger, G. & Otis, G. (1990). Evidence of reproductive isolation confirms that *Apis andreniformis* (Smith, 1858) is a separate species from sympatric *Apis florea* (Fabricius, 1787). *Apidologie*, 21(1), 47–52.

ขอบเขตความสามารถของเอไอ (Capability Limit of AI)

ชิตชนก เหลือสินทรัพย์

ราชบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ประเพณีวิชาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ สำนักวิทยาศาสตร์
ราชบัณฑิตยสภา, lchidcha@gmail.com

บทนำ

เอไอเป็นเทคโนโลยีที่กลายเป็นตัวช่วยแก้ปัญหาและเสริมความสามารถในการดำเนินการต่าง ๆ ในวิชาการหลากหลายสาขา เช่น ศิลปะ ธุรกิจ การศึกษา อุตสาหกรรม การเกษตร ความสามารถของเทคโนโลยีนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์ชั้นนำของโลกหลายคนเกรงว่า มันจะกลายเป็นเครื่องมือทำลายสันติภาพของโลก ทำให้คนตกงาน เป็นเครื่องมือสำหรับมิชชันนารีใช้หลอกลวงประชาชนได้ ในบทความนี้ เราจะมาพิจารณากันว่า ขอบเขตความสามารถของโปรแกรมเอไบบนพื้นฐานของความรู้ด้านคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ (algorithms) ที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้น มีปัจจัยอะไรบ้างที่เป็นตัวกำหนด เมื่อทราบถึงขอบเขตความสามารถแล้ว การคาดว่าโปรแกรมนี้จะทำอะไรได้ในอนาคตจะทำได้ชัดเจนและเป็นรูปธรรม สามารถป้องกันผลร้ายที่อาจเกิดขึ้นได้

เอไอคืออะไร

เอไอ (artificial intelligence) คือโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถทำงานและแก้ปัญหาตามที่ผู้เขียนโปรแกรมออกแบบไว้ เมื่อนำไปประยุกต์กับงานจริง ผู้ใช้งานโปรแกรมจะรู้สึกว่าโปรแกรมฉลาดและเก่ง เพราะสามารถแก้ปัญหาตามที่ต้องการได้ ดังนั้น เอไวจึงเป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นเฉพาะงานบางอย่างที่ผู้ใช้งานคุ้นเคย แต่อาจไม่ได้เรียกโปรแกรมเหล่านี้ว่า โปรแกรมเอไอ ตัวอย่างของโปรแกรมเอไอคือ โปรแกรมค้นหาคำในโปรแกรมกลุ่ม text editor โปรแกรมเล่นหมากรุก โปรแกรมที่ค้นหาและเทียบสาย DNA โปรแกรม web browser ปัจจุบันนี้โปรแกรมทั่วไปมักถูกเรียกว่าโปรแกรมเอไอ เนื่องจากมีส่วนเชื่อมต่อระหว่างผู้ใช้งานกับโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานป้อนคำสั่งที่เป็นประโยคภาษาพูด โดยที่ความยาวและรูปแบบประโยคไม่มีข้อจำกัด

การวัดว่าผู้ใช้รู้สึกว่าการฉลาด อาจทำได้โดยใช้วิธีการที่ Professor Alan Turing เสนอในบทความที่ชื่อ COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE ในการนี้คณะกรรมการจะป้อนประโยคที่เป็นภาษาพูดให้แก่เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานด้วยโปรแกรมเอไอ และให้แก่มนุษย์ โดยที่คนตอบและเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่คนละห้อง และคณะกรรมการไม่รู้ว่าคุณตอบอยู่ในห้องใด จากนั้นก็นับคะแนนว่าคำตอบจากห้องใดถูกต้องมากกว่ากัน ถ้าคำตอบจากห้องที่มีเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ถูกต้องมากกว่า ก็แสดงว่าเครื่องคอมพิวเตอร์มีความฉลาดจากโปรแกรมที่ทำงานได้ Professor Alan Turing ใช้คำว่า Intelligence (ความฉลาด) ไม่ได้ใช้คำว่า wisdom (ปัญญา) ดังนั้น คำว่า artificial intelligence ตามแนวคิดของ Professor Alan

Turing ซึ่งเป็นผู้ที่เริ่มต้นงานวิจัยในเรื่องเอไอ จึงต้องแปลว่า *ความฉลาดประดิษฐ์* ไม่ใช่ ปัญญาประดิษฐ์ ตามที่ใช้กันในปัจจุบัน

โปรแกรมเอไอทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งสร้างตามแนวคิดของ **พีชคณิตแบบบูล** (Boolean Algebra) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณเชิงตรรกะที่ประกอบด้วยตรรกะพื้นฐาน คือ ตรรกะ **และ** (AND), ตรรกะ **หรือ** (OR), และตรรกะ **ไม่** (NOT) ตรรกะทั้งสามนี้สามารถนำมาผสมกันเพื่อสร้างวงจรคำนวณที่ซับซ้อนได้เช่น วงจรบวก วงจรคูณ วงจรหาร และยังใช้ในการออกแบบวงจรหน่วยความจำ วงจรเทียบค่าตัวเลข รวมทั้งวงจรควบคุมการทำงานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม ดังนั้น การทำงานของโปรแกรมเอไอจึงอิงการคำนวณ การเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำ การเปรียบเทียบค่าตัวเลขจากผลการคำนวณ ขอบเขตความสามารถของโปรแกรมเอไอจึงถูกจำกัดด้วยปัจจัยด้านการคำนวณ และปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ (algorithms) ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและการเคลื่อนย้ายข้อมูลในหน่วยความจำ

ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์

ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์คือขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมเพื่อให้ได้คำตอบตามที่ผู้ออกแบบโปรแกรมต้องการ ตัวอย่างต่อไปนี้แสดงขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์เพื่อแก้ปัญหา

การเรียงค่าตัวเลขจากน้อยไปมาก

๑. หาตัวเลขที่มีค่าต่ำสุดออกมาก่อน แล้วลบตัวเลขนี้ออกจากกลุ่มตัวเลขที่ให้มา
๒. วนรอบขั้นตอนที่ ๑ จนไม่มีกลุ่มตัวเลขในกลุ่มที่ให้มา

การสอนให้คอมพิวเตอร์รู้จำรูปภาพ

๑. สกัดลักษณะของภาพและแปลงเป็นเวกเตอร์
๒. กำหนดค่ากลุ่มให้เวกเตอร์ที่ได้จากขั้นตอนที่ ๑ ค่ากลุ่มใช้ระบุว่าเป็นรูปหน้าของใคร แต่ละคนอาจมีหลายรูปได้
๓. นำเวกเตอร์ทั้งหมดพร้อมกับค่ากลุ่มไปสอนโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ (artificial neural network)

ขั้นตอนการสกัดลักษณะของภาพนั้นประกอบด้วยขั้นตอนย่อยหลายขั้นตอน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการคำนวณความสัมพันธ์ของค่าสีและความเข้มสีของจุดภาพที่ประชิดกันในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ เช่น histogram of gradient (HOG), Fourier transform, Wavelet transform การสอนโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยจำนวนมาก เช่น การกำหนดจำนวนเซลล์ประสาทและจำนวนชั้นของเซลล์ประสาท การเลือกฟังก์ชันคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมเพื่อแทนรูปร่างของตัวแบ่งกลุ่มเวกเตอร์ในขั้นตอนที่ ๑ ซึ่งอาจเป็นระนาบ วงรี หรือ ทรงรีในมิติสูง การกำหนดจำนวนรอบของการเรียนรู้ การปรับค่าตัวแปรน้ำหนักที่เส้นเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ประสาท

การหาค่าสูงสุดหรือค่าต่ำสุดของปัญหาด้านวิศวกรรมที่ใช้แนวเมแทฮิวริสติก (meta-heuristic)

ตัวอย่างของปัญหาที่ต้องหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดคือ ปัญหาการส่งของตามเมืองต่าง ๆ โดยให้ระยะทางรวมของการเดินทางต่ำสุด ปัญหานี้ใช้เวลานานมากในการหาคำตอบที่ดีที่สุดถ้าจำนวนเมืองเพิ่ม สมมติว่ามีเมือง ๑๐ เมือง วิธีหาคำตอบคือเริ่มจากการสลับเมืองทั้ง ๑๐ เมือง เพื่อดูว่าการเดินทางอาจมีได้กี่รูปแบบ จากนั้นจึงคำนวณระยะทางของรูปแบบการเดินทางแต่ละรูปแบบ เลือกรูปแบบการเดินทางที่ให้ระยะทางที่สั้นที่สุดออกมา จำนวนรูปแบบของการสลับเท่ากับ $10 \times 9 \times 8 \times 7 \times 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 = 3628800$ รูปแบบเมแทฮิวริสติกใช้การเลียนแบบปรากฏการณ์ในธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตในการหาอาหาร หรือเอาตัวรอด ขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์โดยทั่วไปเป็นดังนี้

๑. แปลงปัญหาให้อยู่ในรูปเวกเตอร์
๒. สร้างเคราะห้เวกเตอร์จำนวนมากแบบสุ่ม
๓. คัดกรองเวกเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ฟังก์ชันวัดผล เช่น ฟังก์ชันที่คำนวณระยะทางทั้งหมดของการเดินทาง
๔. นำเวกเตอร์ที่คัดกรองแล้วไปสร้างเวกเตอร์ชุดใหม่ และผสมกับเวกเตอร์ที่สุ่มใหม่ในขั้นตอนนี้
๕. ทำซ้ำขั้นตอนที่ ๓-๔ จนกว่าจะได้คำตอบที่พอใจ

จากตัวอย่างข้างต้นจะพบว่า ขั้นตอนวิธีมีหลากหลายมาก แต่อาจสรุปเป็นกลุ่มขั้นตอนวิธีที่มักใช้กันในโปรแกรมเอไอได้ดังนี้

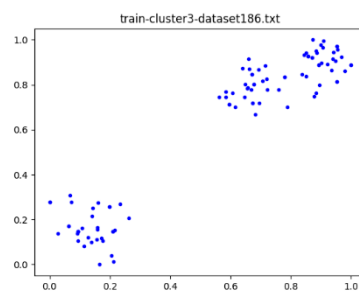
๑. ขั้นตอนวิธีการค้นหา (Searching)
๒. ขั้นตอนวิธีการเรียงข้อมูล (Sorting)
๓. ขั้นตอนวิธีการเทียบสายอักขระ (String matching)
๔. ขั้นตอนวิธีแบบเมแทฮิวริสติก (Meta-heuristic algorithm)
๕. ขั้นตอนวิธีเฉพาะงาน (Ad-hoc algorithm) เช่น ขั้นตอนวิธีการสร้าง chatbot, การแปลภาษา, การตีความวิดีโอ
๖. ขั้นตอนวิธีที่เกี่ยวข้องกับกราฟ (Graph algorithms)

คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากเครื่องคอมพิวเตอร์ทำงานตามแนวคิดของการคำนวณของพีชคณิตแบบบูล (Boolean algebra) ดังนั้น ถ้าต้องการให้เครื่องสามารถทำงานแก้ปัญหาก็ได้และทำให้รู้สีกว่ามันฉลาด จำเป็นต้องแปลงปัญหาให้อยู่ในรูปแบบที่คำนวณได้ตามแนวคิดและความรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่มีในปัจจุบัน ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมีดังต่อไปนี้ คือ Vector space, Linear algebra, Calculus, Statistical distribution และ divergence, Information และ entropy, Functional approximation, Functional transformation, Computational geometry, Numerical methods, Crisp set theory, Fuzzy set theory, Logic, distance measure, combinatorics ตัวอย่างของการประยุกต์แนวคิดและทฤษฎีคณิตศาสตร์ในปัญหาต่าง ๆ มีดังนี้

๑. ปัญหาการรู้จำข้อมูลและการระบุคลาสของข้อมูล ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการสอนโครงข่ายประสาทประดิษฐ์ให้ระบุภาพ เสียง วิดีทัศน์ หรือชุดข้อความว่าเป็นภาพใด ภาพอะไร เสียงใคร เสียงอะไร วิดีทัศน์เกี่ยวกับอะไร การตีความภาพและวิดีโอ เช่น คนไข้เริ่มมีอาการเดินผิดปกติ คนร้ายเริ่มขโมยของ การตีความข้อความที่ส่งเข้าไปในเครือข่ายคอมพิวเตอร์ว่ากำลังโดนโจมตีหรือไม่ คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องเพื่อแก้ปัญหานี้คือ vector space, linear algebra, differentiation ใน calculus, functional transformation เช่น Fourier transform และ wavelet transform, information และ entropy, computational geometry, numerical methods, rough set, fuzzy set

๒. ปัญหาการระบุจำนวนกลุ่มข้อมูลว่ามีกี่กลุ่ม ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการให้เครื่องคอมพิวเตอร์ระบุว่าข้อมูลกระจายตัวเป็นกี่กลุ่ม ตัวอย่างของปัญหานี้คือ ต้องการหาว่ากลุ่มของสินค้าที่เป็นของกินที่ลูกค้าซื้อในแต่ละช่วงเวลาของวันมีกี่กลุ่ม สินค้าแต่ละชนิดจะแทนด้วยลักษณะเช่น มีรสหวาน รสเปรี้ยว รสเค็ม ทำจากเนื้อชนิดใด มีหรือไม่มีผักผสม ลักษณะต่าง ๆ ของสินค้าแต่ละชนิดจะแทนในรูปของเวกเตอร์ รูปที่ ๑ แสดงการกระจายตัวของกลุ่มข้อมูล ข้อมูลแต่ละจุดคือเวกเตอร์ในสองมิติ เมื่อเรามองด้วยสายตา จะรู้สึกว่าข้อมูลอยู่ ๓ กลุ่ม แต่เครื่องคอมพิวเตอร์อาจจะระบุว่ามี ๓ หรือมากกว่า ๓ กลุ่ม คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการระบุจำนวนกลุ่มข้อมูลคือ vector space, linear algebra, distance measure, information และ entropy



รูปที่ ๑ ตัวอย่างกลุ่มข้อมูลในปัญหาการระบุจำนวนกลุ่มข้อมูลว่ามีกี่กลุ่ม

๓. ปัญหาการแปลงประโยคที่ยาวไม่เท่ากันเป็นเวกเตอร์ที่ยาวเท่ากัน ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการขั้นตอนก่อนที่จะนำประโยคไปตีความ ย่อความ หรือ โต้ตอบ เช่น การระบุว่าคำพ้องในคดีเกี่ยวข้องกับมาตราใดในกฎหมาย คำพ้องแต่ละสำนวนเป็นกลุ่มคำที่มีจำนวนคำไม่เท่ากัน ปัญหาการระบุมาตราตามคำพ้องสามารถแปลงเป็นปัญหาการระบุคลาสของคำพ้อง ซึ่งคำทั้งหมดในคำพ้องต้องอยู่ในรูปของเวกเตอร์ขนาดเท่ากัน คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องคือ vector space, linear algebra, functional transformation

๔. ปัญหาการสร้างภาพ เสียง หรือวิดีโอตามคำหรือวลีที่ระบุลักษณะ ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการสร้างเสียงหรือวิดีโอจากข้อความที่ระบุลักษณะที่ผู้ใช้งานโปรแกรมต้องการ โปรแกรมจะแปลงข้อความที่ระบุลักษณะไปเป็นค่าของตัวแปรในโปรแกรมที่ควบคุมการสร้างผลลัพธ์ที่ต้องการ และเลือกฟังก์ชันที่เหมาะสม ซึ่งสร้างไว้ล่วงหน้าจากการสอนด้วยข้อมูลภาพ เสียง หรือวิดีโอจำนวนมาก ฟังก์ชันจะคำนวณร่วมกับตัวแปรควบคุมลักษณะเพื่อสร้างผลลัพธ์ที่ผู้ใช้โปรแกรมต้องการ คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องคือ Statistical distribution และ divergence, information และ entropy, functional transformation

๕. ปัญหาการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ปัญหานี้เกี่ยวข้องกับการหาค่าสูงสุดหรือต่ำสุดของฟังก์ชันตัววัดผลลัพธ์ของการทำงานบางอย่าง เช่น การบรรจุกล่องสินค้าที่มีขนาดต่าง ๆ เข้าไปในรถบรรทุกให้ได้จำนวนกล่องมากที่สุด คณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องคือ calculus, linear algebra, combinatorics, computational geometry, numerical methods

ขอบเขตความสามารถและข้อสรุป

โดยสรุป ความสามารถของโปรแกรมเอไอที่ทำงานในเครื่องคอมพิวเตอร์ปัจจุบันขึ้นอยู่กับความรู้ทางคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีต่าง ๆ ทางคอมพิวเตอร์ที่มีในปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ความรู้ทั้ง ๒ ด้านนี้ไม่มีขอบเขตจำกัด ซึ่งอาจให้ผลลัพธ์ที่ดีหรือไม่ดีก็ได้ และมีผลกระทบที่ดีหรือไม่ดีต่อสังคม จึงเป็นเรื่องที่ต้องพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ นักวิทยาศาสตร์ชั้นนำของโลกหลายท่านเกรงว่าจะไม่ปลอดภัยและเตือนว่าโปรแกรมเอไอจะเป็นอันตรายต่อความสงบและสันติภาพของโลกได้ คำเตือนนี้อาจเป็นจริงได้ถ้าผู้สร้างโปรแกรมเอไอต้องการให้เกิดผลเช่นนั้น ถึงแม้ว่าโปรแกรมเอไอมีทั้งคุณประโยชน์และโทษ งานวิจัยเพื่อหาองค์ความรู้ใหม่ในเทคโนโลยีนี้จำเป็นต้องดำเนินต่อไปทั้งด้านคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ นอกจากนี้ เรายังจำเป็นต้องทำให้จิตใจของทุกคนมีคุณธรรม คิดแต่สิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อส่วนรวม การศึกษาของประเทศไทยต้องเน้นให้นักเรียนในทุกระดับชั้นและทุกสาขาวิชามีพื้นฐานความรู้ในด้านคณิตศาสตร์และขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ รู้ทันเทคโนโลยีสมัยใหม่ รวมทั้งสามารถปรับตัวได้ตอบกับผลกระทบที่เกิดจากเทคโนโลยีของโปรแกรมเอไอได้อย่างเหมาะสม

บรรณานุกรม

- Ho, J., Jain, A., and Abbeel, P. (2020). Denoising diffusion probabilistic models. *Advances in neural information processing systems*, 33, 6840–51.
- Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *arXiv:1810.04805*.
- Nocedal, J., and Wright, S.J. (2006). *Mathematics Subject Classification*. Springer Science+Business Media, LLC.
- Jindawan's, P., Phimoltares, S., Lursinsap, C. (2016). A fast learning method for streaming and randomly ordered multi-class data chunks by using one-pass-throw-away class-wise learning concept. *Expert Systems and Applications*, 63, 249–66.
- Luke, S. (2013). *Essentials of Metaheuristics. Second Edition*. <http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>
- Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 433–60.

สุขภัณฑ์คัดแยกปัสสาวะมนุษย์เพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม (Urine separated toilet for agricultural production and environmental protection)

อานัฐ ตันโซ

ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ราชบัณฑิต สาขาปฐพีวิทยา ประเพณีวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทางเกษตรและสัตวแพทยศาสตร์
สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา, arnat009@yahoo.com

การใช้น้ำปัสสาวะในการปลูกพืชนั้นสามารถทำได้ง่ายกว่าและปลอดภัยกว่าการนำอุจจาระไปใช้ แต่จะนำปัสสาวะมาใช้ได้อย่างไรนั้น หลายคนคงยังคิดไม่ออกว่าจะจัดการสิ่งขับถ่ายของไทยในปัจจุบันด้วยวิธีใด เพราะอุจจาระและปัสสาวะจะไหลรวมกันอยู่ในถังเก็บใบเดียว การที่จะนำเฉพาะน้ำปัสสาวะไปใช้ก็ต้องมีวิธีการคัดแยกปัสสาวะออกจากอุจจาระเป็นอันดับแรก ทั้งนี้ ร่างกายของมนุษย์ปกติจะผลิตน้ำปัสสาวะและเก็บแยกไว้ต่างหากจากอุจจาระโดยธรรมชาติอยู่แล้ว ทำให้เราสามารถเก็บน้ำปัสสาวะได้โดยง่ายและนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่ยาก เพียงแต่ถ่ายปัสสาวะใส่ในภาชนะแล้วนำไปใช้ (Schonning and Stenstrom, 2004) เช่น ปัสสาวะลงในขวด ถัง หรือภาชนะแยกเก็บไว้ นี่เป็นวิธีการง่าย ๆ ที่ทุกบ้านทำได้สำหรับสุขภาพบุรุษ แต่กับสุขภาพสตรีแล้วคงเป็นเรื่องยาก เทคโนโลยีการผลิตสุขภัณฑ์แบบใช้น้ำน้อยของ เจทริซี (Jet VC) สัญชาตินอร์เวย์ ซึ่งผลิตใน พ.ศ. ๒๕๕๒ เป็นสุขภัณฑ์ที่ติดตั้งปั๊มดูดอุจจาระแทนการชำระล้างด้วยน้ำแบบปกติ ระบบนี้จะใช้น้ำเพียง ๑ ลิตร/ครั้ง เท่านั้น (สุขภัณฑ์ทั่วไปใช้ ๘ ลิตร/ครั้ง) หากมีคนใช้ห้องน้ำ ๑๐,๐๐๐ คน/ปี ก็จะสามารถประหยัดน้ำถึง ๑๕๓,๓๐๐ ลูกบาศก์เมตร ลดปริมาณสิ่งปฏิกูลที่ต้องกำจัดลงถึงร้อยละ ๙๐ คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ถึง ๔๕๙,๙๐๐ ยูโร หรือ ๑๘,๘๕๕,๙๐๐ บาท หากสถานธุรกิจเมืองไทยต้องจ่ายค่าน้ำประมาณเท่านี้ในการให้บริการห้องน้ำแก่คน ๑๐,๐๐๐ คน ธุรกิจนั้นคงอยู่ยาก ดังนั้น โกลุสุขภัณฑ์ที่ออกแบบมาเพื่อให้เหมาะกับสรีระของคนไทยทั้งชายและหญิง และประหยัดน้ำได้ จึงเป็นเรื่องที่ต้องได้รับการพัฒนาและนำไปใช้งานแทนสุขภัณฑ์แบบเดิม เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับการลดค่าน้ำ การผลิตปุ๋ยทางเกษตร และการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

อุจจาระและปัสสาวะที่คัดแยกได้โดยมากจะนำไปใช้ในการปลูกพืชทางการเกษตร โดยปกติปัสสาวะสามารถคัดแยกและนำมาใช้ได้เลยเพราะปลอดภัยจากเชื้อก่อโรคและไม่มียีนเห็บเห็บที่น่ารังเกียจอย่างอุจจาระ ส่วนอุจจาระจะต้องนำไปผ่านกระบวนการกำจัดเชื้อโรคก่อนใช้ การใช้น้ำปัสสาวะปลูกพืชนั้นมีงานวิจัยหลายโครงการ เช่น โครงการอีโคแซนเรส (Eco San Res) ประเทศสวีเดน ได้รวบรวมปัสสาวะจากอาคารที่พักอาศัยซึ่งเก็บไว้ในถังใต้ดินเป็นเวลา ๖ เดือน แล้วนำไปใช้ในแปลงเกษตร พบว่าได้ผลดี องค์การเทโปสอีโค (Tepos-Eco) ประเทศเม็กซิโก ทดสอบใช้ปัสสาวะที่ดักเก็บได้จากสุขาสาธารณะในเมืองไปใช้ปลูกพืชพวกข้าวโพด ข้าวสาลี

และข้าวโอ๊ต ในแปลงปลูกของเกษตรกรในท้องถิ่น ส่วนองค์การนาซา (NASA) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ทดลองใช้ปัสสาวะในการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งบางแห่งเรียกพีโพนิกส์ (peeponics) โดยใช้น้ำปัสสาวะเจือจางร้อยละ ๐.๕ ปลูกมะเขือเทศเชอรี่ ซึ่งให้ผลผลิตถึง ๒๑๐ ผลต่อต้น และโครงการหมู่บ้านต้นแบบที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม หรือ อีโควิลเลจ (eco-village) ในมุนส์การ์ด (Munksgard) ประเทศเดนมาร์ก ใช้โถสุขภัณฑ์แบบที่สามารถคัดแยกปัสสาวะออกจากอุจจาระ และต่อท่อจากทุกบ้านให้ไหลไปรวมกันในบ่อเก็บรวมหลังหมู่บ้าน แล้วนำปัสสาวะที่ได้ไปใช้ปลูกพืช ซึ่งพบว่าได้ผลดีมาก

การพัฒนาโถสุขภัณฑ์คัดแยกปัสสาวะและอุจจาระที่เหมาะสมกับคนไทย



ภาพที่ ๑ การพัฒนาโถสุขภัณฑ์คัดแยกปัสสาวะอุจจาระสำหรับใช้ในโครงการร่วมกันระหว่างหน่วยงาน ๔ แห่ง คือ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สวทช. กองทุนสิ่งแวดล้อม (สผ.) และบริษัท ชิกม่า เซรามิค จำกัด

ด้านธาตุอาหารพืชในน้ำปัสสาวะ จากการวิเคราะห์พบว่า พืชต้องการธาตุอาหาร ๑๖ ธาตุ โดยที่ ๓ ธาตุพืชได้มาจากอากาศและน้ำ คือ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) ส่วนอีก ๑๓ ธาตุนั้น พืชได้จากดินที่พืชเจริญอยู่ แบ่งเป็นธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) อีกทั้งจุลธาตุ คือ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และคลอรีน (Cl) จากการวิเคราะห์น้ำปัสสาวะ มนุษย์พบว่าธาตุอาหารที่สำคัญดังนี้

ไนโตรเจน (N) ร้อยละ ๗๕-๙๐ ถูกขับออกมาในรูปของยูเรีย ส่วนที่เหลือเป็นแอมโมเนียม และ Creatinine (Lentner et al., 1981) ประสิทธิภาพของไนโตรเจนในน้ำปัสสาวะในการปลูกพืชขึ้นใกล้เคียงหรือเทียบเท่ากับ ปุ๋ยเคมียูเรียและปุ๋ยแอมโมเนียม (Kirchman & Peettersson, 1995; Richert Stintzing et al., 2001)

ฟอสฟอรัส (P) ร้อยละ ๙๕-๑๐๐ ในน้ำปัสสาวะเป็นสารอนินทรีย์ ถูกขับถ่ายออกมาในรูปไอออน ฟอสเฟต (Lentner et al., 1981) ไอออนนี้จะเป็นประโยชน์แก่พืชโดยตรง ดังนั้น จึงทำให้มีประสิทธิภาพสูง ในการส่งเสริมการเจริญของพืชเท่ากับปุ๋ยฟอสเฟต (Kirchmann and Pettersson, 1995)

โพแทสเซียม (K) ในน้ำปัสสาวะถูกขับออกมาในรูปไอออน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่พืชโดยตรงเพราะมี ลักษณะเช่นเดียวกับปุ๋ยเคมี ดังนั้น การให้ปุ๋ยจึงควรให้ประโยชน์แก่พืชแบบเดียวกัน

ตารางที่ ๑ ธาตุอาหารพืชที่มีอยู่ในน้ำปัสสาวะของผู้ใหญ่ ๑ คน

ธาตุอาหาร	ปริมาณ (กรัม)
ยูเรีย (ไนโตรเจน)	๖-๑๘๐
ครีเอไทน์ (ไนโตรเจน)	๐.๓-๐.๘
แอมโมเนีย (ไนโตรเจน)	๐.๔-๑.๐
กรดยูริก (ไนโตรเจน)	๐.๐๐๘-๐.๒
โซเดียม	๒.๐-๔.๐
โพแทสเซียม	๑.๕-๒.๐
แคลเซียม	๐.๑-๐.๓
แมกนีเซียม	๐.๑-๐.๒
คลอไรด์	๔.๐-๘.๐
ฟอสเฟต (ฟอสฟอรัส)	๐.๗-๑.๖
อนินทรีย์ซัลเฟต (ซัลเฟอร์)	๐.๖-๑.๘
อินทรีย์ซัลเฟต (ซัลเฟอร์)	๐.๐๐๖-๐.๒

ที่มา : กองบรรณาธิการ วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ (๒๕๕๐)

ไนโตรเจนที่วิเคราะห์พบในน้ำเสียจากบ้านเรือนนั้น ส่วนใหญ่มาจากน้ำปัสสาวะเนื่องจากปัสสาวะมนุษย์จะมีธาตุไนโตรเจนที่วิเคราะห์พบว่าสูงกว่าร้อยละ ๐.๕-๑ และจากการประเมินการขับถ่ายธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสของประชากรในประเทศจีน เกาหลีใต้ ประเทศอินเดีย ประเทศแอฟริกาใต้ และประเทศยูกันดา พบว่ามีการขับถ่ายไนโตรเจนออกมา ๓.๕, ๑.๙, ๒.๓, ๓.๐ และ ๒.๒ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อคนต่อปี และมีการขับถ่ายฟอสฟอรัสออกมาปีละ ๐.๔, ๐.๒, ๐.๓, ๐.๓ และ ๐.๓ กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อคนต่อปี (Jonsson and Vinneras, 2004)

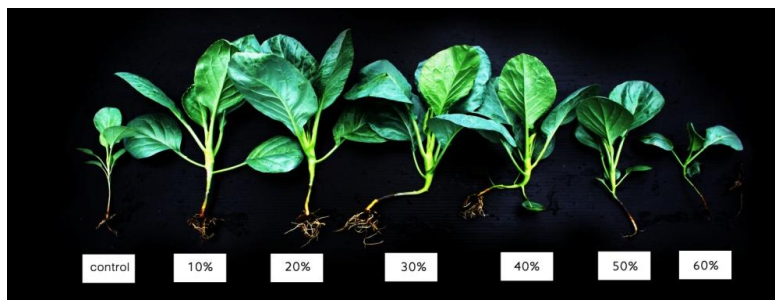
มีผู้ทดลองใช้น้ำปัสสาวะมนุษย์ปลูกพืชในหลายประเทศ ตั้งแต่อดีตจวบจนปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะทดลองใช้น้ำปัสสาวะในการปลูกธัญพืชจำพวกข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ตัวอย่างเช่น ประเทศสวีเดนทดลองใช้น้ำปัสสาวะปลูกข้าวบาร์เลย์ พบว่าให้ผลผลิตสูงร้อยละ ๙๐ เทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมและปุ๋ยไนเตรดปลูก (Johansson et al., 2001; Richert Stintzing et al., 2001; Rodhe et al., 2004) และทดสอบใช้น้ำปัสสาวะมนุษย์ปลูกข้าวสาลีในแปลงเกษตรอินทรีย์ช่วงฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิเปรียบเทียบกับมูลไก่แห้งและปุ๋ยที่ผลิตจากเนื้อและกระดูกสัตว์ โดยใช้น้ำปัสสาวะในฤดูใบไม้ผลิอัตรา ๔๐, ๘๐ และ ๑๒๐ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ หรือ ๖.๒๕ ไร่ และใช้น้ำปัสสาวะอัตรา ๗๕๐, ๑,๐๐๐ และ ๑,๕๐๐ กิโลกรัมไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ในฤดูหนาว ส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากเมื่อใช้น้ำปัสสาวะ ๑๘ กิโลกรัม มูลไก่ ๑๔ กิโลกรัม และปุ๋ยจากเนื้อและกระดูก ๑๐ กิโลกรัม ตามลำดับ (Lundstrom and Linden, 2001)

นอกจากนี้ ยังมีการทดลองใช้น้ำปัสสาวะกับข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกในโรงเรือนและแปลงทดลองในประเทศเยอรมนี ซึ่งก็พบว่าแปลงที่ใช้น้ำปัสสาวะจะให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ใส่ปุ๋ยเคมี (Simons and Clemens, 2004) และมีการใช้น้ำปัสสาวะทดลองปลูกผักกาดหอมในประเทศเม็กซิโกเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยหมักที่ผสมน้ำปัสสาวะ ในอัตราไนโตรเจนทั้งหมด ๑๕๐ กิโลกรัมต่อพื้นที่ ๑ เฮกตาร์ ผลการทดลองพบว่า น้ำปัสสาวะส่งผลให้ผลผลิตผักกาดหอมมีคุณภาพดีมาก เหมาะมากที่จะใช้เป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับปลูกพืช (Hakan et al., 2004)

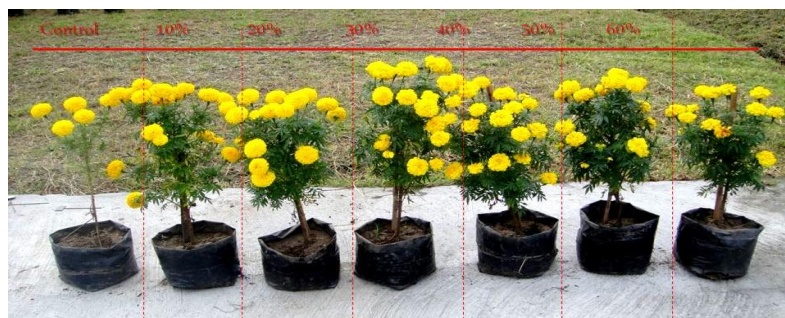
ในประเทศไทยก็มีงานวิจัยการใช้น้ำปัสสาวะปลูกพืชและได้ผลดีเช่นเดียวกัน โดยทดสอบที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาไส้เดือนดิน โดยได้รับทุนวิจัยจากโครงการเครือข่าย สวทช. ภาคเหนือ และกองทุนสิ่งแวดล้อม (สผ.) จากการทดสอบในพืชหลายชนิด เช่น ข้าวโพด ผักคะน้า ดอกดาวเรือง มันสำปะหลัง และยางพารา พบว่า การใช้น้ำปัสสาวะที่ความเข้มข้นร้อยละ ๔๐-๖๐ ส่งผลให้พืชเหล่านี้เจริญเติบโต ออกดอก และติดผล ได้ตามปกติ โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมี หากใช้เข้มข้นกว่านี้ต้นพืชจะเหี่ยวตาย หรือใช้น้อยกว่านี้ต้นพืชจะเจริญเติบโตได้ช้าและต้นแกร็น ใบเหลือง นอกจากนี้พบว่า การใช้น้ำปัสสาวะร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตรา ๑ : ๑ ส่งผลให้ต้นมันสำปะหลังเจริญเติบโตได้ดีกว่าต้นที่ใช้เฉพาะน้ำปัสสาวะหรือเฉพาะปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังนั้น ในอนาคตอันใกล้นี้ การใช้น้ำปัสสาวะแก่กลุ่มพืชอาหารสัตว์ พืชพลังงาน ยางพารา ปาล์ม หรือไม้ไผ่เร็ว น่าจะเป็นทางเลือกในการลดต้นทุนได้



ภาพที่ ๒ การทดสอบความเข้มข้นของการใช้น้ำปัสสาวะมนุษย์ปลูกข้าวโพด



ภาพที่ ๓ การทดสอบความเข้มข้นของการใช้น้ำปัสสาวะมนุษย์ปลูกผักคะน้า



ภาพที่ ๔ การทดสอบความเข้มข้นของการใช้น้ำปัสสาวะมนุษย์ปลูกดอกดาวเรือง

เอกสารอ้างอิง

กองบรรณาธิการ. (๒๕๕๐). น้ำปัสสาวะปุ๋ยชั้นดีจากฝีมือมนุษย์ทดแทนปุ๋ยเคมีดีต่อสภาพแวดล้อม. วารสาร เกษตรกรรมธรรมชาติ, ๑๐ : ๒๗-๓๗.

อานัฐ ตันโช. (๒๕๖๒). คัดแยกอุจจาระและปัสสาวะมนุษย์เพื่อการเกษตรและอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมตาม มาตรฐาน EU. พิมพ์ครั้งที่ ๕. Trio Advertising & Media Co.,Ltd.

Hakan, J., R., S., Anna, V., Bjorn and Eva S. (2004). *Guidelines on the Use of Urine and Faeces in Crop Production. EcoSanRes Publication Series. Report 2004-2. Stockholm Environment Institute. Stockholm, Sweden.* [http:// www.ecosanres.org](http://www.ecosanres.org)

- Johansson, M., H., Jonsson, C., Hoglund, A. Richert Stintzing and L. Rodhe. (2001). *Urine separation – closing the nutrient cycle. Stockholm Water Company. Stockholm. Sweden.* http://www.stockholmvatten.se/pdf_arkiv/English/Urinsep_eng.pdf.
- Jonsson, H. and B. Vinneras. (2004). Adapting the nutrient content of urine and faeces in different countries using FAO and Swedish data. In: *Ecosan – Closing the loop. Proceedings of the 2nd international symposium on ecological sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th-11th April 2003, Lubeck, Germany.* pp. 623–26.
- Kirchmann, H. and S. Pettersson. (1995). Human urine–chemical composition and Fertilizer Efficiency. *Fertilizer Research*, 40, 149–54.
- Richert Stintzing, A., L. Rodhe and H. Akerhielm. (2001). Human urine as fertilizer-plant nutrients, application technique and environmental effects (In Swedish, English summary). JTI-Rapport Lantbruk and Industri 278. *Swedish Institute of Agricultural and Environmental Engineering.*
- Rodhe, L., A. Richert Stintzing and S. Steineck. (2004). Ammonia emissions after application of human urine to C soil for barley growth. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 68, 191–98.
- Schonning, C. and T-A. Stenstrom. (2004). Guidelines for the safe use of urine and faeces in ecological sanitation systems. report 2004–1. EcoSanRes Programme. *Stockholm Environment Institute.*
- Simons, J. and J. Clemens. (2004). ‘The use of separated human urine as mineral fertilizer’. In: *Ecosan–Closing the loop. Proceedings of the 2nd International Symposium on Ecological Sanitation, incorporating the 1st IWA specialist group conference on sustainable sanitation, 7th–11th April 2003, Lubeck.* pp 595–600.

ข้อสรุปจากการประชุมวิชาการและนิทรรศการเรื่อง อาหารเพื่อชีวิต : สุขภาพ ความปลอดภัย และนวัตกรรมอาหารของคนไทยสู่ชาวโลก (Summary of the conference and exhibition on food for life : health, safety, and food innovation from Thailand to the global stage)

อรอนงค์ นัยวิกุล^๑, อุทัยรัตน์ ณ นคร^๑ และสุภา หารหนองบัว^๑

^๑ภาควิชาชีววิทยา สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา

ความมั่นคงทางอาหารของประเทศไทย : ยุทธศาสตร์การจัดการเพื่อความยั่งยืนในอนาคต

ความมั่นคงทางอาหารถือเป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาประเทศ โดยเฉพาะการผลิตอาหารที่ปลอดภัย มีคุณภาพ และประชาชนทุกกลุ่มสามารถเข้าถึงได้ แม้ว่าประเทศไทยจะมีศักยภาพสูงในการผลิตและส่งออกอาหาร แต่ก็ยังคงเผชิญปัญหาหลายด้าน เช่น ด้านความยั่งยืนของภาคการผลิต (เกษตรกรมีรายได้ต่ำ ต้นทุนการผลิตสูง โครงสร้างการผลิตเปลี่ยนแปลง) นอกจากนี้ยังมีปัญหาการเข้าถึงอาหารที่ปลอดภัยและมีคุณภาพ ตลอดจนการกระจายอาหารไม่ทั่วถึง สำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จึงได้จัดประชุมวิชาการและนิทรรศการเรื่อง “อาหารเพื่อชีวิต” เพื่อผลักดันนโยบาย นวัตกรรม และความตระหนักรู้ด้านอาหารของไทยสู่ระดับโลก ในโอกาสครบรอบ ๑๐๐ ปี ราชบัณฑิตยสภา มีข้อสรุปจากการประชุม ดังนี้

ศาสตราจารย์ ดร.สนธิ อักษรแก้ว ราชบัณฑิต บรรยายนำเรื่อง ประเทศไทยกับความมั่นคงทางอาหารก้าวข้ามวิกฤตโลก โดยชี้ให้เห็นว่า ประเทศไทยมีความเข้มแข็งในด้านเกษตรและอาหารตลอดมา แต่ในปัจจุบันเราต้องเผชิญปัญหานักท่องเที่ยวหลายด้าน ทั้งในเรื่องภาวะโลกร้อน ความเสื่อมโทรมของทรัพยากร มลพิษ การกีดกันทางการค้า ความมั่นคงทางการเมือง และอื่น ๆ จึงจำเป็นต้องรีบเร่งพัฒนาในทุก ๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปรับปรุงพันธุ์พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ เพื่อรับมือกับภาวะโลกร้อน การแก้ปัญหาปัจจัยการผลิตที่มีราคาแพงหรือมีที่มาที่ไม่สอดคล้องกับมาตรฐานของคู่ค้า การพัฒนาสู่การเกษตรสมัยใหม่ที่ทำให้ผลผลิตการเกษตรเป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าสูง ตลอดจนการสร้างความเข้มแข็งให้แก่ธุรกิจการเกษตร นอกจากนี้ ยังต้องเน้นการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพที่มีมากมายในประเทศไทย ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยงานวิจัยที่ประกอบด้วยคำสำคัญ ๓ ประการ คือ **ค้นให้พบ พิสูจน์ให้ได้ และ ใช้ให้เป็น** ในภาพรวมนั้น การเกษตรและอาหารของไทยจะพัฒนาอย่างยั่งยืนได้ต้องยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง เศรษฐกิจ BCG และแนวทางการพัฒนาอย่างยั่งยืนของสหประชาชาติ

ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ราชบัณฑิต บรรยายเรื่อง บทบาทของการพัฒนาพันธุ์พืชต่อความปลอดภัยและความมั่นคงทางอาหาร โดยกล่าวถึงเรื่องที่ยอมรับกันแล้วว่า การปรับปรุงพันธุ์เป็นแนวทางการรับมือกับปัญหาต่าง ๆ ทางภาคเกษตรได้อย่างยั่งยืน เพราะสามารถสร้างพันธุ์พืชต่าง ๆ ที่

ปรับตัวได้ในภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เช่น ปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนน้ำท่วม พันธุ์ข้าวต้านทานต่ออุณหภูมิที่สูงขึ้น พันธุ์ข้าวที่มีสารอาหารสูง เป็นผลดีต่อสุขภาพ อย่างไรก็ตาม การปรับปรุงพันธุ์เป็นศาสตร์เฉพาะที่ต้องการความรู้ ความเชี่ยวชาญ แต่ในปัจจุบันประเทศไทยขาดแคลนนักปรับปรุงพันธุ์ จึงจำเป็นต้องสร้างกำลังคนให้เพียงพอ ด้านความเสี่ยงที่มีผลต่อความมั่นคงทางการเกษตรและอาหารนั้น ศาสตราจารย์ ดร.อณัฐ ตันโช ราชบัณฑิต ได้บรรยายเรื่อง การรับมือในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการผลิตทางการเกษตรเนื่องจากภาวะโลกร้อน โดยชี้ว่า ภาวะโลกร้อนส่งผลเสียต่อประเทศในเขตร้อน รวมทั้งประเทศไทย ทำให้โรคและแมลงระบาดมากขึ้น ผลผลิตไม่ออกตามฤดูกาล พื้นที่เกษตรเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยที่พืชที่เคยปลูกได้ดีเริ่มเสื่อมโทรม ในขณะที่พืชที่เคยปลูกไม่ได้ในบางพื้นที่เริ่มปลูกได้ในพื้นที่ใหม่ และเกิดสภาพอากาศสุดขั้ว เช่น ฝนตกหนักหรือแล้งจัด นอกจากนี้ การเกษตรบางรูปแบบยังทำลายดิน เช่น การเผาตอซัง การปลูกพืชเชิงเดี่ยวโดยไม่บำรุงดิน ขณะเดียวกันประเทศไทยขาดการใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ส่งผลต่อขีดความสามารถในการแข่งขัน อีกทั้งมีแนวโน้มในการใช้สารเคมีเพิ่มขึ้น จนเป็นอันตรายต่อผู้บริโภค นอกจากนี้ ผลผลิตที่นำเข้าจากต่างประเทศก็มีสารปนเปื้อนในระดับสูง จึงเสนอให้รัฐบาลมีมาตรการรับมือที่ชัดเจน ทั้งระยะสั้นและระยะยาว

ด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งเป็นจุดแข็งของประเทศไทย ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญหา ภาควิชาชีววิทยา ได้ยกตัวอย่าง การเพาะเลี้ยงหอยโข่งน้ำจืด : ทัศนคติในการบริโภค การนำเข้าสปีชีส์ต่างถิ่น รุกราน การวิจัยพื้นฐานไปสู่การอนุรักษ์ การบริโภคที่ยั่งยืน และผลกระทบต่อเศรษฐกิจฐานราก โดยนำเสนอกรณีศึกษาในการใช้งานวิจัยร่วมกับชุมชน ด้วยความต่อเนื่องและทุ่มเท ทำให้สามารถกระตุ้นให้เกิดการอนุรักษ์หอยโข่งน้ำจืด ซึ่งมีอยู่ถึง ๕ ชนิด (หอยโข่งภาคกลาง หอยโข่งภาคใต้ หอยปิง หอยนา และหอยข้าว) กระจายอยู่ในภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย แต่เดิมนั้นหอยโข่งเกือบจะสูญพันธุ์เนื่องจากมีผู้นำหอยเชอร์รี่ ซึ่งมีต้นกำเนิดจากทวีปอเมริกาใต้ เข้ามาเลี้ยงและแพร่ระบาดไปทั่วประเทศ การวิจัยที่ทำนั้นลึกไปถึงนิเวศความเป็นอยู่ และข้อมูลทางชีววิทยาต่าง ๆ รอบด้าน และให้ความรู้แก่เกษตรกรเกี่ยวกับความสำคัญต่อระบบนิเวศของหอยโข่ง ตลอดจนวิธีการเพาะเลี้ยง จนในปัจจุบันเริ่มมีการเลี้ยงหอยโข่งเป็นการค้ามากขึ้นในภาคอีสาน เริ่มมีบ้างในภาคใต้ และมีแนวโน้มจะสามารถพัฒนาเป็นอาชีพทางเลือกได้อีกด้วย นอกจากนี้ ศาสตราจารย์ ดร.ธีรภาพ เจริญวิริยะภาพ ภาควิชาชีววิทยา และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ขามา อินซอน ภาควิชาชีววิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ยกตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาในหัวข้อ ฟาร์มแมลง/มาตรฐาน/green materials/ความเป็นไปได้ในการใช้ประโยชน์และการส่งออก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงองค์ความรู้ในเรื่องประโยชน์ของแมลงกินได้ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกด้วง หนอนไหม ตั๊กแตน จิ้งหรีด และอื่น ๆ แมลงมีโปรตีนสูงกว่าปศุสัตว์ และการผลิตเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมโดยปลดปล่อยแก๊สเรือนกระจกต่ำกว่าปศุสัตว์มาก อีกทั้งมีประสิทธิภาพการใช้อาหารสูงกว่า การเลี้ยงแมลงในประเทศไทยมีมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับแมลงหลายชนิด เช่น ผีเสื้อไหม ฟาร์มจิ้งหรีด ฟาร์มชันโรง ฟาร์มไหม ฟาร์มแมลงวันลาย (ร้าง) ปัจจุบันแมลงหลายชนิดมีผู้ผลิตเพื่อการค้า มีการแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ และมีมาตรฐาน สามารถส่งขายในตลาดทั้งในและต่างประเทศ เช่น จิ้งหรีด หนอนแมลงวันลาย ผีเสื้อ ทำให้เห็นศักยภาพของประเทศไทยในการ

เป็นผู้ผลิตแมลงกินได้ เป็นแหล่งโปรตีนในอนาคต อย่างไรก็ตาม ยังต้องได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลเพื่อขยายการผลิตสู่ระดับเชิงพาณิชย์ จึงจะทำให้มีต้นทุนต่ำลงและส่งขายในระดับนานาชาติได้

ด้านการวิจัยเพื่อการผลิตอาหารโปรตีนสูงนั้น ศาสตราจารย์ ดร.อรินทิพย์ ธรรมชัยพิเนต คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บรรยายเรื่อง ผำ : พืชอาหารวัฒนธรรมไทยไปทั่วโลก โดยแสดงให้เห็นถึงความสำคัญขององค์ความรู้เกี่ยวกับผำในประเทศไทย ซึ่งมีหลายสายพันธุ์ แม้ว่าจะเป็นพืชขนาดเล็ก แต่เป็นอาหารของคนไทยมาช้านาน และยังไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร ปัจจุบัน ผำในฐานะอาหารโปรตีนชั้นเยี่ยมได้รับความสนใจจากบริษัท start up ผลิตขายไปทั่วโลก และมีงานวิจัยเพื่อการผลิตในระดับอุตสาหกรรม สำหรับประเทศไทยนั้น เริ่มการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์ และพัฒนาการเก็บรักษาและจำหน่ายในท้องตลาด ถ้าได้รับการสนับสนุนส่งเสริมจากภาครัฐบาลอย่างจริงจัง จะช่วยให้คนไทยมีแหล่งอาหารโปรตีนสูงและส่งเสริมการค้าของประเทศได้

ด้านคุณภาพวัตถุดิบอาหาร ดร.อมรา ชินภูติ กรมวิชาการเกษตร บรรยายเรื่อง สารพิษจากเชื้อราในวัตถุดิบการผลิตอาหารและอาหารสัตว์ โดยยกตัวอย่างองค์ความรู้เกี่ยวกับเชื้อราและสารพิษที่เกิดจากเชื้อราปนเปื้อนในอาหาร โดยเน้นว่าสารพิษจากเชื้อรา เช่น Aflatoxin, Ochratoxin เป็นสารพิษที่มีพิษร้ายแรง ไม่มีสี กลิ่น รส ทนต่อความร้อนได้ดี สารเหล่านี้มีผลทำลาย DNA, RNA และโปรตีน ส่งผลเสียต่อสุขภาพสัตว์และมนุษย์ สารพิษเหล่านี้อาจเกิดก่อนหรือหลังการเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง สารบางชนิดเป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนั้นยังมีผลเสียต่อสุขภาพในด้านต่าง ๆ เช่น ทำลายระบบประสาท ฯลฯ มนุษย์อาจได้รับสารพิษนี้จากการบริโภคโดยตรง หรือจากการปนเปื้อนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ ผู้บรรยายได้ชี้ให้เห็นตัวอย่างความสำเร็จจากการทำงานวิจัยอย่างต่อเนื่องว่า ทำให้ได้องค์ความรู้และเกิดแนวปฏิบัติที่ดีเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้บริโภค ตลอดจนการส่งออก ซึ่งควรได้รับการสนับสนุนและขยายผลอย่างเป็นระบบ

ด้านแหล่งอาหารทางทะเล ศาสตราจารย์ ดร.อุทัยรัตน์ ณ นคร ภาควิชาชีววิทยา บรรยายเรื่อง ทะเล : อนาคตของความมั่นคงทางอาหารของมนุษยชาติ โดยชี้ให้เห็นความสำคัญของทะเลในฐานะเป็นแหล่งอาหารโปรตีน ซึ่งมีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตได้จากขยายการเพาะเลี้ยงด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่ เช่น การเพาะเลี้ยงด้วยระบบน้ำหมุนเวียนแบบปิด ซึ่งสามารถทำให้เลี้ยงสัตว์ทะเลในพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมได้ อีกทั้งยังลดค่าใช้จ่ายและผลกระทบในการขนส่งผลผลิตลงด้วย เทคโนโลยีการเลี้ยงปลาในเรือเดินสมุทรโดยประเทศจีน ซึ่งทำให้สามารถใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในทะเลลึกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการปรับปรุงพันธุ์ที่จะช่วยเพิ่มผลผลิต เพิ่มความทนทานต่อโรคและสิ่งแวดล้อมที่แปรเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งอาหารแล้ว สัตว์ทะเลหลายกลุ่ม เช่น ปลิงทะเล สาหร่าย หอย มีสมบัติทางยา มีสารสำคัญที่สามารถสกัดมาใช้เป็นอาหารเสริมและยารักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งกำลังมีงานวิจัยอย่างกว้างขวางทั่วโลก ในบางประเทศเริ่มมีผลผลิตออกสู่ตลาดแล้ว ประเทศไทยจึงควรให้ความสำคัญด้านนี้ เป็นแหล่งค้นคว้าวิจัยเพื่อเศรษฐกิจสีฟ้า และมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทะเลเพื่อการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ ผลประเสริฐ ราชบัณฑิต บรรยายเรื่อง การจัดการขยะอาหารเพื่อความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม โดยชี้ให้เห็นว่า การสูญเสียอาหารกระทบต่อความมั่นคงทางอาหาร และยังก่อให้เกิด

แก๊สเรือนกระจก รวมถึงมลพิษแก๊สและน้ำใต้ดินจากการฝังกลบ แนวทางการจัดการประกอบด้วย **Reduction at source**: ลดความสูญเสียจากฟาร์มถึงผู้บริโภค, **Reuse**: แจกจ่าย หรือใช้เลี้ยงสัตว์, **Recycle**: การทำปุ๋ยหมักหรือเปลี่ยนสภาพด้วยแมลง และ **Recovery**: การผลิตแก๊สชีวภาพ ข้อเสนอแนะสำคัญได้แก่การสร้างความตระหนัก การสนับสนุนทุนและแรงจูงใจเพื่อการหมักและผลิตแก๊สชีวภาพ การปรับปรุงโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการแยกขยะ การกระตุ้นความร่วมมือระหว่างภาครัฐ เอกชน และองค์กรอิสระ เพื่อแก้ปัญหาด้วยวิธีการใหม่ ๆ

ศาสตราจารย์ ดร.สัทกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา ภาควิชาชีววิทยา บรรยายเรื่อง **การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรในการผลิตส่วนผสมอาหารมูลค่าสูง** ชี้ให้เห็นว่าเศษเหลือทิ้งจากการเกษตรมีจำนวนมาก มักนำไปใช้ประโยชน์โดยกรรมวิธีง่าย ๆ หากมีงานวิจัยเชิงลึกสามารถสร้างผลผลิตราคาสูงได้จากเศษเหลือเหล่านั้น เช่น การนำคลอโรฟิลล์จากเศษพืชมาใช้เป็นส่วนผสมอาหาร ซึ่งจำเป็นต้องผ่านการดัดแปรเชิงโครงสร้างโมเลกุล เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่คงรูป สามารถสร้างมูลค่าให้แก่สินค้าเกษตรอย่างมหาศาล แต่จำเป็นต้องมีงานวิจัยและขยายผลอย่างจริงจัง รวมไปถึงต้องได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลในการสร้างผู้ประกอบการต่อไป

ศาสตราจารย์ ดร.ณัฐนัย หาญการสุจริต คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บรรยายนำ เรื่อง **ทิศทางอาหารอนาคตเพื่อความก้าวหน้าอย่างยั่งยืนของประเทศไทย** ชี้ว่าประเทศไทยกำลังเผชิญความท้าทายจากการแข่งขันทางการค้า ความผันผวนของสภาพภูมิอากาศ ผลกระทบจากสงครามต่อแหล่งวัตถุดิบ การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้บริโภค ซึ่งต้องการอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการปลอดภัย มีความเฉพาะตัว และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แนวโน้มอาหารอนาคต อาทิ อาหารฟังก์ชัน โปรตีนทางเลือก อาหารเฉพาะบุคคล อาหารทางการแพทย์ และบรรจุภัณฑ์ยั่งยืน เป็นโอกาสของประเทศไทยที่มีศักยภาพสูงจากความหลากหลายของวัตถุดิบเฉพาะถิ่นและวัฒนธรรมอาหารที่พร้อมต่อยอดเป็นนวัตกรรมผ่านซอฟต์แวร์ การขับเคลื่อนอย่างยั่งยืนต้องอาศัยความร่วมมือจากทุกภาคส่วน คำนึงถึงการผลิตตลอดห่วงโซ่อุปทาน ภายใต้แนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน และใช้ข้อมูลวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมสนับสนุน และควรเป็นนโยบายระดับชาติ เพื่อเสริมสร้างความมั่นคงและความสามารถในการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหารไทยในอนาคต

ดร.เจริญ แก้วสุกใส ประธานกลุ่มอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย บรรยายหัวข้อ **อาหารและเครื่องดื่มสุขภาพจากมุมมองภาคเอกชน** โดยสนับสนุนแนวคิด “หนึ่งพ่อครัวหนึ่งตำบล” เพื่อใช้วัตถุดิบท้องถิ่นและพัฒนาอาหารพื้นถิ่น รวมถึงการผลิตอาหารและเครื่องดื่มสุขภาพจากสมุนไพรไทย เน้น “อาหารแทนยา” เพื่อป้องกันโรค อาหารอนาคตควรสะดวก รวดเร็ว มีคุณค่าทางโภชนาการ ปลอดภัย และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การบริโภคควรครบ 6 กลุ่ม เน้นข้าวกล้อง ลดอาหารไขมันสูง หวานจัด เค็มจัด และเลือกอาหารสะอาดปรุงสุกใหม่ แนวคิด “อาหารเป็นยา” ชูสมุนไพร ผักผลไม้ ผสานภูมิปัญญาพื้นบ้านกับวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งเสริมสุขภาพ ขณะที่ “เครื่องดื่มสุขภาพ” ควรมีคุณค่าทางโภชนาการ แคลอรีต่ำ ไม่เติมน้ำตาลหรือสารให้ความหวานเทียมเกินไป และช่วยสนับสนุนการทำงานของร่างกายอย่างสมดุล

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านอาหารและการแพทย์สูง ศาสตราจารย์ ดร.นพ.ณัฐชัย ศรีสวัสดิ์ ราชบัณฑิต บรรยายว่า โรคไตเกิดจากการบริโภคเค็ม ดื่มน้ำน้อย หรือโรคเรื้อรัง เช่น เบาหวาน ความดัน ส่งผลให้การทำงานของไตผิดปกติและเกิดของเสียคั่ง การลดโปรตีน ลดโซเดียม และเลือกผักผลไม้ที่เหมาะสม ระวังโรคช่วยชะลอความเสี่ยงของไต ขณะเดียวกัน อาหารทางการแพทย์เฉพาะสำหรับผู้ป่วยโรคไตมีบทบาทสำคัญในการป้องกันและรักษาภาวะทุพโภชนาการ โดยเฉพาะการพร่องโปรตีนและพลังงาน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิดา โพธิ์การ ที่ปรึกษาสถาบันโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้เล่าถึงการพัฒนาสูตรอาหาร Siam diet เพื่อให้ผู้ป่วยโรคไตมีสุขภาพดีตามวิถีไทย โดยเน้นการบริโภคอาหารที่ป้องกันโรคไตได้ด้วยการควบคุมสูตรที่ประกอบด้วยวัตถุดิบที่เหมาะสม ส่วนประกอบอาหารและเครื่องปรุงรสอาหารที่สะอาดปลอดภัย มีโปรตีนและพลังงานที่เหมาะสม ส่วน รองศาสตราจารย์ พญ.ปิยวรรณ กิตติสกุลนาม คณะแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสริมการบรรยายโดยอธิบายว่า ผู้ป่วยโรคไตระยะต่าง ๆ จำเป็นต้องได้รับอาหารตามสูตรที่เหมาะสม ซึ่งได้เขียนเป็นคู่มือไว้ให้แล้ว โดยยกตัวอย่างอาหารสูตรพิเศษสำหรับผู้ป่วยเป็นโรคไตระยะต้น สูตรอาหารจะเน้นพลังงานสูง โปรตีนต่ำ แต่ถ้าผู้ป่วยเป็นโรคไตที่ต้องฟอกไตแล้ว ต้องใช้สูตรอาหารพิเศษที่เน้นโปรตีนสูง พลังงานต่ำ

ศาสตราจารย์ นพ.รุ่งโรจน์ พิทยศิริ ราชบัณฑิต บรรยายเรื่อง อาหารทางการแพทย์ : อาหารสมอง โดยเน้นความสำคัญของสมองต่อพฤติกรรมกรกิน และความจำเป็นของสารอาหารที่เหมาะสมในการรักษาประสิทธิภาพการทำงานและรักษาโครงสร้างของสมองและระบบประสาท อาหารที่อุดมด้วยสารต้านออกซิเดชัน กรดไขมันไม่อิ่มตัว วิตามินบี และสารพฤกษเคมี สามารถช่วยชะลอความเสี่ยงของเซลล์ประสาทลดการอักเสบของสมอง ปรับดุลสารสื่อประสาท ส่งเสริมการเรียนรู้ ความจำ และอารมณ์ แต่อาหารบางประเภทมีผลเสียต่อสมอง เช่น อาหารหวานเกินไปมีผลให้สมองยุบตัว อาหารที่ปนเปื้อนสารเคมี ยาฆ่าแมลงทำให้เกิดอาการของโรคพาร์กินสันได้ อาหารไทยเป็นแหล่งอาหารที่มีศักยภาพสูงในการบำรุงสมอง การฟื้นฟูการบริโภคอาหารไทยดั้งเดิมที่อุดมด้วยสารอาหารและวัตถุดิบสดใหม่ จึงเป็นแนวทางในการส่งเสริมสุขภาพกายและสมองของประชากรไทยได้อย่างยั่งยืน

ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรุตพล เจริญพันธุ์ ภาควิชาศัลยกรรม ศาสตราจารย์ ดร. นพ.นรุตพล เจริญพันธุ์ ภาควิชาศัลยกรรม บรรยายเรื่อง การบริโภคแคลเซียมอย่างปลอดภัย เน้นว่าแคลเซียมเป็นแร่ธาตุทำหน้าที่เป็นโครงแข็งของเนื้อเยื่อกระดูก การบริโภคแคลเซียมควรอ้างอิงปริมาณที่ร่างกายควรได้รับต่อวัน ขึ้นอยู่กับอายุ และควรได้รับจากอาหารเป็นหลัก ไม่มีความจำเป็นต้องบริโภคแคลเซียมปริมาณมาก ๆ หากได้รับแคลเซียมมากเกินไปอาจทำให้เกิดโรคหัวใจในไต ถ้าได้รับน้อยเกินไปอาจเสี่ยงเป็นโรคกระดูกพรุน ควรออกกำลังกายสม่ำเสมอ หลีกเลี่ยงปัจจัยเสี่ยง เพื่อส่งเสริมสุขภาพกระดูกในระยะยาว

ศาสตราจารย์ ดร. ทพญ.วราพันธ์ บัวจีบ ราชบัณฑิต บรรยายเรื่อง อาหารกับสุขภาพช่องปาก โดยโภชนาการที่เหมาะสมจะช่วยพัฒนาและซ่อมแซมเนื้อเยื่อในช่องปาก สุขภาพช่องปากที่ดีช่วยให้เคี้ยวอาหารและรับรสได้ดี หากมีปัญหาช่องปาก เช่น ฟันหลุด หรือแผลในปาก อาจทำให้ร่างกายได้รับอาหารที่มีโภชนาการบกพร่องและเสี่ยงต่อการเกิดสมองเสื่อม โดยเฉพาะในผู้สูงอายุ ปัจจุบันพบว่าโพรไบโอติกส์และ

โพสโตไบโอติกส์อาจช่วยลดความเสี่ยงโรคเหงือกและฟัน ควรดูแลโภชนาการควบคู่กับการตรวจสุขภาพช่องปากเป็นประจำทุก ๖ เดือน

ช่วงสุดท้ายของการประชุมเป็นการเสวนาเรื่อง อาหารแห่งอนาคตของคนไทยสู่ชาวโลก โดย **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิฐ ธรรมวิที มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** ชี้ว่า หากประเทศไทยต้องการเป็นผู้นำระบบอาหารโลก ต้องเริ่มจากการเข้าใจ “รากของปัญหาเชิงโครงสร้าง” และออกแบบนโยบายที่ครอบคลุมทั้งระยะสั้น กลาง และยาว ในระยะสั้น ควรหยุดวงจร “ยิ่งทำเกษตรยิ่งจน” ด้วยการปฏิรูประบบอุดหนุนและสร้างหลักประกันด้านอาหารในเมืองให้ผลิตมีตลาดขาย ส่วนระยะกลางควรปรับโครงสร้างโดยใช้เทคโนโลยีและกฎหมายสมัยใหม่ เพื่อเป็นศูนย์กลางอาหารปลอดภัยและคุณค่าสูงของเอเชีย ส่วนระยะยาว อาหารต้องถือเป็นยุทธศาสตร์ของชาติ เชื่อมโยงกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (SDGs) ครอบคลุมสุขภาพ การศึกษา และความยั่งยืนของทรัพยากร

ดร.วิศิษฐ์ ลิ้มลือชา นายกสมาคมการค้าอาหารอนาคตไทย เน้นว่าอาหารแห่งอนาคตต้องปลอดภัย มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ตอบโจทย์วิถีชีวิตคนรุ่นใหม่ ใช้เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะอาหารทางการแพทย์ อาหารเฉพาะบุคคล เช่น อาหารเด็กทารก ชูสำหรับเด็กและผู้สูงอายุ อาหารปรุงแต่งที่มีส่วนผสมเนื้อเดียวกัน รวมถึงโปรตีนทางเลือกที่ไม่ได้มาจากเนื้อสัตว์ ซึ่งจำเป็นต้องลงทุนในงานวิจัยและพัฒนาตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ พร้อมสร้างตลาดและสร้างความตระหนักรู้แก่ประชาชน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธา มีแต้ม คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล และผู้ก่อตั้งบริษัท แอดวานซ์ กรีนฟาร์ม จำกัด เสริมว่า โอกาสในการพัฒนาอาหารแห่งอนาคตอยู่ที่การใช้พืชและโปรตีนจากธรรมชาติ ซึ่งเป็นภูมิปัญญาของไทย นำไปสู่การวิจัยตลอดห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การทำความเข้าใจพืชอย่างลึกซึ้ง ทั้งสายพันธุ์ กายวิภาค ความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ความหลากหลายของพืช การผลิตในระดับอุตสาหกรรม การพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบต่าง ๆ ความคุ้มค่าในการลงทุน ตลอดจนการเชื่อมโยงเครือข่ายเกษตรกรและนโยบายภาครัฐ เพื่อสร้างอาหารแห่งอนาคตที่มั่นคงและยั่งยืนสำหรับคนไทยและตลาดโลก

ข้อสรุป : ประเด็นที่ได้จากการประชุมวิชาการในครั้งนี้ นำไปสู่การค้นพบช่องว่างสำคัญที่ยังต้องขับเคลื่อนในระดับประเทศต่อไป ได้แก่ การยกระดับความมั่นคงทางอาหารเป็นวาระแห่งชาติ เพื่อบูรณาการนโยบายข้ามกระทรวงให้เกิดความมั่นคงทางอาหารในทุกบริบท **จัดตั้งคณะกรรมการนโยบายอาหารแห่งชาติ (National Food Security Council)** เพื่อบูรณาการทุกภาคส่วนทั้งต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ โดยมีนายกรัฐมนตรีเป็นประธานและมีผู้รับผิดชอบภารกิจขับเคลื่อนที่ชัดเจน อีกทั้งส่งเสริมการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อพัฒนาองค์ความรู้และเทคโนโลยีอาหารเพื่อชีวิต ให้เป็นตัวขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศให้พัฒนาอย่างยั่งยืน



ราชบัณฑิตยสภา

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จัดทำโดยสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา เพื่อเป็นสื่อกลางในการให้ข้อมูลและความรู้กับผู้อ่านที่เป็นประชาชนทั่วไปที่สนใจการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี แพทยศาสตร์ ทันตแพทยศาสตร์ วิทยาศาสตร์สุขภาพ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเกษตร และสัตวแพทยศาสตร์ อันเป็นพื้นฐานองค์ความรู้และการพัฒนาการด้านการผลิตที่เปลี่ยนแปลงโลก ทั้งนี้ เน้นการนำเสนอเนื้อหาแบบไม่ซับซ้อน เข้าใจง่าย และทันเหตุการณ์ ในรูปแบบบทความปริทัศน์ฉบับย่อ จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ไม่ตีพิมพ์บทความวิจัย และไม่รับบทความจากบุคคลภายนอก ราชบัณฑิตยสภา

จุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา จัดพิมพ์ในรูปแบบดิจิทัล และปรากฏบนเว็บไซต์ <https://www.orst.go.th> และ <https://science.royalsociety.go.th> กำหนดออกเผยแพร่ปีละ ๔ ฉบับ คือ (๑) มกราคม-มีนาคม (๒) เมษายน-มิถุนายน (๓) กรกฎาคม-กันยายน และ (๔) ตุลาคม-ธันวาคม ผู้อ่านสามารถอ่านจุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ได้โดยไม่ต้องสมัครเป็นสมาชิก และสามารถนำเนื้อหาในบทความที่ตีพิมพ์ในจุลสารสำนักวิทยาศาสตร์ ราชบัณฑิตยสภา ไปอ้างอิงได้ตามหลักวิชาการ



ราชบัณฑิตยสภา The Royal Society of Thailand

ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ ๘๐ พรรษา (อาคารซี)
๑๒๐ ถนนแจ้งวัฒนะ แขวงทุ่งสองห้อง
เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร ๑๐๒๑๐
โทร. ๐ ๒๑๔๑ ๑๗๑๘

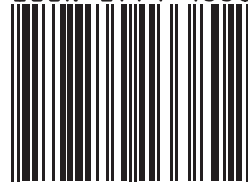
<https://www.orst.go.th>



<https://science.royalsociety.go.th>



ISSN 2774-1338



9 772774 133802