ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายอิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING UNIFIED MODEL ON SYSTEMS THINKING ABILITY AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Ittisak Sirichan

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

| | |
|---|---|
| โดย | นายอิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ |
| สาขาวิชา | การศึกษาวิทยาศาสตร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก | อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี |

---

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ : ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING UNIFIED MODEL ON SYSTEMS THINKING ABILITY AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร. สกลรัชต์ แก้วดี, 172 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีวัตถุประสงค์คือ (1) เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนชีววิทยารูปแบบผสานรวม (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างนักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมกับนักเรียนที่เรียนชีววิทยาแบบทั่วไป และ (3) เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ระหว่างนักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมกับนักเรียนที่เรียนชีววิทยาแบบทั่วไป ประชากร คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนขนาดใหญ่ในกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 60 คน ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป จำนวน 28 คน การวิจัยดำเนินการในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ (1) แบบประเมินการคิดเชิงระบบ และ (2) แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบที

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐาน

2. นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีความคงทนในการเรียนรู้หลังทำการทดสอบ 2 ครั้งเมื่อผ่านไป 5 สัปดาห์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560

# # 5783382427 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: SYSTEMS THINKING / UNIFIED MODEL / LEARNING RETENTION

ITTISAK SIRICHAN: EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING UNIFIED MODEL ON SYSTEMS THINKING ABILITY AND LEARNING RETENTION OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAKOLRAT KAEWDEE, Ph.D., 172 pp.

This study was quasi-experimental research. The purposes of this study were to: (1) investigate students' systems thinking abilities after learning biology through unified model, (2) compare students' systems thinking abilities between groups that learned biology through unified model and group that learned biology through traditional method, and (3) compare students' learning retention between groups that learned biology through unified model and group that learned biology through traditional method. The research population was upper secondary school students of large schools in Bangkok. The samples were 60 eleventh grade students of mathematics-science program. Thirty-two students in one classroom was randomly assigned to the experimental group and learned biology through unified model. Twenty-eight students in another classroom was randomly chosen to the control group and given lessons based on traditional method. Research duration was in the first semester of the academic year 2016. The research instruments were (1) systems thinking evaluation form, and (2) the biology learning achievement test. The collected data was analyzed by means of arithmetic mean, means of percentage, standard deviation, and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The experimental group's percentage mean scores of systems thinking was rated at basic level.

2. The experimental group's mean scores of systems thinking were higher than the control groups' mean scores at .05 level of significance.

3. Students in experimental group gain learning attention while students in control group showed no sign of retention when taken achievement test the 2nd time 5 weeks later.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Curriculum and Instruction Student's Signature .....
Field of Study: Science Education Advisor's Signature .....
Academic Year: 2017

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้การอบรม สั่งสอน ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆ อันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ พเยาว์ ยินดีสุข ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร.ปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาและให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ตลอดจนคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอบคุณเพื่อนๆ ที่เรียนสาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำในการเรียน การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการทำวิทยานิพนธ์แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

เหนือสิ่งอื่นใด ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อสมคิด และคุณแม่สมศรี ศิริจันทร์ บิดามารดา และขอบคุณ คุณเสาวณี ชำนิกุล ญาติสนิท ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษา ตลอดจนให้กำลังใจอันมีค่ายิ่งแก่ผู้วิจัยตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**สารบัญ**

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... 1
สารบัญภาพ ..... 1
บทที่ 1 บทนำ ..... 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ..... 1
คำถามการวิจัย ..... 5
วัตถุประสงค์การวิจัย ..... 5
สมมติฐานการวิจัย ..... 6
ขอบเขตการวิจัย ..... 7
นิยามศัพท์เฉพาะ ..... 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 10
1. รูปแบบผสานรวม (Unified Model) ..... 11
2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking) ..... 17
3. ความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention) ..... 32
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ..... 35
5. กรอบแนวคิดงานวิจัย ..... 40
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย ..... 41
1. รูปแบบการวิจัย ..... 41
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ..... 42

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....44
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล....54
5. การวิเคราะห์ข้อมูล....55
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....57
1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบ....57
2. ผลการวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้....60
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....64
สรุปผลการวิจัย....64
อภิปรายผลการวิจัย....65
ข้อจำกัด....68
ข้อเสนอแนะ....69
รายการอ้างอิง....70
ภาคผนวก....75
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย....74
ภาคผนวก ข เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล....77
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง....91
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล....160
ภาคผนวก จ ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของการคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังทดลอง. 167
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์....172

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญตาราง

**ตารางที่ 1** คำอธิบายระดับของการคิดในแต่ละลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบตามรูปแบบผสานรวม (Raved & Yarden, 2014).....24

**ตารางที่ 2** แผนภาพและคำอธิบายลักษณะกรอบปฏิสัมพันธ์ของแผนผังมโนทัศน์แต่ละรูปแบบ (Raved & Yarden, 2014) .....25

**ตารางที่ 3** เกณฑ์การพิจารณาระดับคะแนนแผนผังมโนทัศน์ (Novak & Gowin, 1984) .....29

**ตารางที่ 4** เกณฑ์ประเมินระดับความสามารถจากการวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ (Raved & Yarden, 2014) .....31

**ตารางที่ 5** ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1-5/4 .....43

**ตารางที่ 6** จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนในแต่ละหัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556) .....45

**ตารางที่ 7** เกณฑ์ในการระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบจากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ (Raved & Yarden, 2014, Novak & Govin, 1984) .....48

**ตารางที่ 8** สัดส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดและน้ำหนักของหัวข้อสาระการเรียนรู้ที่ทำการวัด .....51

**ตารางที่ 9** เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2554:22) .....53

**ตารางที่ 10** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ( $\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบและระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32).....57

**ตารางที่ 11** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32) และกลุ่มควบคุม (n = 28) .....58

**ตารางที่ 12** จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32) และกลุ่มควบคุม (n = 28) ที่ถูกประเมินให้อยู่ในระดับต่าง ๆ ของลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบ .....59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 13** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32).....60

**ตารางที่ 14** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มควบคุม (n=28).....60

**ตารางที่ 15** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$ ) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและระดับของความสามารถทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32) และกลุ่มควบคุม (n=28).....61

**ตารางที่ 16** ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}$ ร้อยละ ) และระดับของความสามารถเมื่อเทียบกับเกณฑ์ ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาแยกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน ระหว่างทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32) และกลุ่มควบคุม (n=28).....62

**ตารางที่ 17** ช่วงการให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ตามระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ลักษณะบ่งชี้.....81

**ตารางที่ 18** ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม.....92

**ตารางที่ 19** ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป..... 111

**ตารางที่ 20** ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา..... 161

**ตารางที่ 21** การประเมินความสอดคล้องของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา..... 162

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# สารบัญภาพ

**หน้า**

**ภาพที่ 1** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง วัฏจักรของน้ำ (Assaraf & Orion, 2005).....26

**ภาพที่ 2** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบไหลเวียนเลือด (Assaraf, Dodick & Tripto, 2013).....27

**ภาพที่ 3** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบหายใจ (Hmelo-Silver, Marthe, & Liu, 2007).....28

**ภาพที่ 4** ความจำ 2 กระบวนการ (Atkinson & Shiffin, 1968 อ้างถึงใน ชัยพร วิชชาวุธ, 2525: 71 –72).....34

**ภาพที่ 5** รูปแบบการวิจัยแบบ Two group posttest design .....41

**ภาพที่ 6** แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น .....79

**ภาพที่ 7**แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถอยู่ในระดับสูงทุกด้าน..... 168

**ภาพที่ 8** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบของระบบในระดับสูง และด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับพื้นฐาน ..... 169

**ภาพที่ 9** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบและด้านระบุความสัมพันธ์พื้นฐานของระบบอยู่ในระดับสูง และด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับพื้นฐาน ..... 170

**ภาพที่ 10** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบของระบบในระดับพื้นฐาน และด้านอื่น ๆ ได้รับการประเมินในระดับไม่มีความสามารถ ..... 171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 1
# บทนำ

## ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้ให้ความสำคัญในการจัดการศึกษาเพื่อให้ได้คุณภาพสูง โดยเน้นในเรื่องการคิดและการสอนคิด เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้เติบโตขึ้นอย่างมีคุณภาพทั้งทางด้านสติปัญญา คุณธรรมและการเป็นพลเมืองที่ดีของประเทศ (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2540) สำหรับประเทศไทย ได้มีนโยบายในการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนากระบวนการคิดของนักเรียนมาเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 ปีแล้ว แต่จากการประเมินของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา พบว่าโรงเรียนที่ถูกประเมินนั้น ต่างมีข้อเสนอแนะออกมาคล้ายคลึงกันแม้ว่าผลการประเมินคุณภาพจะอยู่ในระดับที่ต่างกัน กล่าวคือ มีข้อเสนอแนะว่าโรงเรียนควรส่งเสริมให้นักเรียนคิดเป็น พัฒนาทักษะการคิด ควรส่งเสริมให้สามารถนำความรู้ไปใช้กับชีวิตประจำวันได้ และเรียนรู้วิธีทำให้เกิดความสุขในชีวิต (สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์, 2558) แสดงให้เห็นว่าแม้ว่าการประเมินคุณภาพโรงเรียนจะอยู่ในระดับใด การเรียนการสอนที่ส่งเสริมการคิดและพัฒนาทักษะการคิดก็ยังคงเป็นประเด็นที่ต้องให้ความสำคัญในการพัฒนา

การพัฒนากระบวนการคิดสำหรับเยาวชนไทยมีความสำคัญในระดับชาติ ดังปรากฏในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2553) ที่มีจุดมุ่งหมายในการสร้างสังคมไทยให้เป็นสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สร้างโอกาสให้คนไทยทุกคนคิดเป็น ทำเป็น มีเหตุผล สามารถเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต และได้กำหนดแนวการจัดกระบวนการเรียนรู้ไว้ในหมวด 4 มาตรา 24 ความว่า ครูควรจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน ให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2553) นอกจากนี้หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน 5 ประการ ซึ่งสมรรถนะสำคัญประการหนึ่ง คือ ความสามารถในการคิดของผู้เรียน โดยเฉพาะความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเชิงระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม จะเห็นว่าพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (แก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2553) และหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้น

พื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ให้ความสำคัญกับการพัฒนากระบวนการคิดให้เกิดกับผู้เรียน โดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบ (systems thinking) เป็นการคิดแบบองค์รวม (Senge, 1990) ซึ่งให้ความสำคัญกับการพิจารณาปัญหาที่เน้นการวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระดับต่าง ๆ ขององค์ประกอบ (Riess & Mischo, 2010) ตลอดจนการจัดโครงสร้างและลำดับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในแต่ละระดับเข้าไว้ด้วยกัน (Cheng, Ructtinger & Fujii, 2010) ดังนั้น การคิดเชิงระบบจึงช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาที่มีความซับซ้อน นอกจากนี้ การคิดเชิงระบบยังมีความสำคัญในฐานะเป็นเครื่องมือวางแผนและพัฒนาระบบ ช่วยทำให้สามารถดำเนินการตามขั้นตอนต่าง ๆ ได้อย่างรอบคอบ จนทำให้การดำเนินงานและการแก้ปัญหาประสบผลสำเร็จ (มนตรี แย้มกสิกร, 2546)

การคิดเชิงระบบให้ความสำคัญกับการเชื่อมโยงและจัดโครงสร้างขององค์ประกอบในเรื่องที่ศึกษา จึงเป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาในระดับขั้นพื้นฐานและส่งผลต่อการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น (Assaraf & Orion, 2005) แต่จากรายงานของคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ พบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ยังขาดความเชื่อมโยงกับกระบวนการที่เกิดในชีวิตจริง รวมทั้งยังขาดการเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน (สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, 2544: 27) ปัญหาดังกล่าวยังคงเป็นปัญหาสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยมาจนถึงปัจจุบัน ดังปรากฏในผลการประเมิน PISA 2012 ที่รายงานสัดส่วนของนักเรียนที่มีสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในระดับสูง โดยนักเรียนที่มีสมรรถนะในระดับนี้จะต้องมีความสามารถในการระบุองค์ประกอบของสถานการณ์ที่ซับซ้อนในชีวิต สามารถเชื่อมโยงความรู้อย่างเหมาะสม ตลอดจนการแสดงออกว่ามีความคิดเป็นวิทยาศาสตร์และมีความเป็นเหตุผลในระดับสูง ผลของการประเมินพบว่า นักเรียนไทยที่มีสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในระดับสูงมีเพียงร้อยละ 0.9 เท่านั้น ซึ่งนับว่ามีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ด้วยกันอย่างสิงคโปร์ที่ปรากฏสัดส่วนนักเรียนที่มีสมรรถนะวิทยาศาสตร์ในระดับสูงถึงร้อยละ 22.7 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557: 157) จากผลการประเมินดังกล่าว ชี้ให้เห็นว่านักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังไม่สามารถเข้าถึงแก่นสำคัญของวิทยาศาสตร์ ขาดการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระที่เรียนรู้อย่างเหมาะสม และจำเป็นจะต้องได้รับการพัฒนาให้เป็นผู้มีเหตุผลและมีความคิดเป็นวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดเชิงระบบมีความสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาและทำความเข้าใจถึงแก่นของวิทยาศาสตร์ได้ เนื่องจากวิทยาศาสตร์เป็นศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อน การทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติจึงต้องมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงให้ความสำคัญต่อการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ และเป็นพื้นฐานสำคัญในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ โดยหากมุ่งพิจารณาในวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกและวิทยาศาสตร์ด้านชีวภาพด้วยแล้วจะพบว่าผู้เรียนต้องทำความเข้าใจในกระบวนการของระบบที่ซับซ้อน อาทิ ระบบการทำงานของอวัยวะ วัฏจักรของสารในระบบนิเวศ และการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ จึงจะสามารถเข้าถึงแก่นของเนื้อหาของวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง (Assaraf & Orion, 2010)

การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีงานวิจัยเพื่อหาแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านวิทยาศาสตร์ อาทิ การวิเคราะห์ลักษณะของการคิดเชิงระบบแล้วสร้างโปรแกรมการเรียนรู้พิเศษเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบโดยเฉพาะ (Assaraf & Orion, 2005) การนำแนวคิดของแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (Structure-Behavior-Function Model) ร่วมกับการใช้สื่อหลายมิติ (Liu & Hmelo-Silver, 2009) หรือการเรียนรู้ผ่านเหตุการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์ (Riess & Mescho, 2010)

หนึ่งในแนวทางพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบที่น่าสนใจ คือ รูปแบบผสานรวม (unified model) ที่พัฒนาโดย Raved & Yarden (2014) เป็นการนำแบบจำลองลักษณะของการคิดเชิงระบบ 2 แบบจำลอง คือ แบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบ (Systems thinking hierarchical model) และสมรรถนะความสามารถการคิดเชิงระบบสำหรับรูปแบบการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ (systems thinking competence for cell biology education model) มาผสานกับแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (structure-behavior-function model) โดยเป็นการเลือกเฟ้นคุณลักษณะของแต่ละแบบจำลองมาผสานกันเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ กล่าวคือ นำรูปแบบการแบ่งลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบที่เป็นลำดับขั้นมาจากแบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบ นำแนวทางการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของระบบที่อยู่คนละระดับมาจากสมรรถนะความสามารถการคิดเชิงระบบสำหรับรูปแบบการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ และนำแนวคิดการเรียนการสอนที่เน้นพัฒนาให้เข้าใจในองค์ประกอบย่อยในระบบ หน้าที่ของระบบ ตลอดจนกระบวนการในระบบ จากแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวทางการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยแบบผสานรวม ประกอบด้วยวัตถุประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอนที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ทั้งหมด 6 ข้อ ได้แก่ สืบค้นความรู้เดิม ทำความเข้าใจแนวคิดของระบบ สร้างแรงจูงใจ บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ วิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย และวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ (Raved & Yarden, 2014) กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว เน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์องค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้งเนื้อหาความรู้ ตลอดจนกรณีหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อน จนเกิดเป็นความเข้าใจอย่างเป็นระบบ อีกทั้งยังมีกระบวนการให้ผู้เรียนได้สรุปและทบทวนความเข้าใจในบางช่วงของการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอนของรูปแบบผสานรวมที่ให้ผู้เรียนได้สรุปและทบทวนความเข้าใจนั้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาการจัดระเบียบความรู้ใหม่ ทำให้ผู้เรียนสามารถผสานความรู้ใหม่ให้รวมเข้ากับความรู้ที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Raved & Yarden, 2014: 10) ซึ่งการจัดระเบียบความรู้นั้นเป็นกระบวนการประมวลข้อมูลของสมอง โดย Klausmier (1985: 109) ได้อธิบายว่า เมื่อสมองมีประมวลผลและจัดระบบข้อมูลที่ได้รับใหม่จะเกิดการเปลี่ยนรูปข้อมูลเพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว แล้วส่งผลสู่พฤติกรรมการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ

ความจำระยะยาวเป็นความจำที่มีความคงทนถาวร โดยที่ไม่รู้สึกว่ากำลังจดจำอยู่ แต่เมื่อต้องการหรือมีสิ่งใดมาปลุกเร้าก็จะสามารถรื้อฟื้นขึ้นมาได้ (ชัยพร วิชชาวุธ, 2525: 287) ความจำระยะยาวเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความคงทนในการเรียนรู้ (learning retention) เนื่องจากความคงทนในการเรียนรู้เป็นกระบวนการของการจดจำและการเรียกคืนสิ่งที่เคยเรียนรู้หรือเคยประสบในอดีตของแต่ละบุคคล เป็นเสมือนการเก็บข้อมูลไว้ในคลังของสมองในช่วงระยะเวลาหนึ่ง โดยที่สามารถดึงออกมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ (Walsh and Ungson, 1991: 58)

ความคงทนในการเรียนรู้มีความมีความจำเป็นและสำคัญมากสำหรับการเรียนรู้ชีววิทยา เนื่องจากชีววิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตซึ่งครอบคลุมถึงโครงสร้างการทำงาน และการเจริญเติบโตของร่างกาย ตลอดจนกระบวนการดำรงชีวิตและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีคำศัพท์ทางเทคนิคที่ยากและกระบวนการที่ซับซ้อนหลายกระบวนการ จึงต้องมีความรู้เป็นพื้นฐานเพื่อให้สามารถนำมาเชื่อมโยงต่อการเรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ (Umar, 2011) นอกจากนี้ความรู้ด้านชีววิทยายังเป็นพื้นฐานของการศึกษาในระดับอุดมศึกษาหลายสาขา ได้แก่ การแพทย์ การพยาบาล เภสัชศาสตร์ เกษตรศาสตร์ วนศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยีชีวภาพและอณูชีววิทยา ตลอดจนสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Gambari et. al., 2014) ดังนั้น การที่ผู้เรียนยัง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สามารถจดจำและมีความเข้าใจในเนื้อหาพื้นฐานของชีววิทยาจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนและการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

จากแนวคิดและความสำคัญที่ได้ศึกษาจากทฤษฎีรวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบและข้อมูลด้านความคงทนในการเรียนรู้ ตลอดจนแนวทางจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวมที่ได้กล่าวไว้แล้วนั้น จะเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมนอกจากจะพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนแล้ว ยังมีแนวโน้มในการเสริมสร้างความคงทนในการเรียนรู้ของผู้เรียนอีกด้วย ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาแนวทางจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม เพื่อพัฒนาให้เกิดความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้กับนักเรียนไทย อันจะเป็นพื้นฐานสำคัญต่อพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการศึกษาของประเทศไทยต่อไป

**คำถามการวิจัย**

1. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบหรือไม่
2. นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปหรือไม่
3. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม มีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปหรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**วัตถุประสงค์การวิจัย**

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม กับนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป
3. เพื่อเปรียบเทียบความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม กับนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

**สมมติฐานการวิจัย**

จากผลการวิจัยของ Raved & Yarden (2014) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวมเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในเรื่องระบบไหลเวียนเลือด พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในระดับสูงและมีความสามารถในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างขั้นขององค์ประกอบตลอดจนสามารถจัดความสัมพันธ์ให้อยู่ในกรอบปฏิสัมพันธ์ในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 นอกจากนี้ จากผลการวิจัยของ Liu & Hmelo-Silver (2009) ที่ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจในระบบที่ซับซ้อนในเรื่องระบบหายใจ โดยใช้แบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม พบว่า นักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ มีความเข้าใจในระบบที่ซับซ้อนในระดับที่สูงขึ้น

การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวมนั้น มีกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้เขียนบรรยายความรู้และสร้างแผนผังมโนทัศน์เพื่อทบทวนความเข้าใจ และสร้างแผนผังเพื่อจัดระบบโครงสร้างความรู้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับกระบวนการที่ช่วยพัฒนาการจำตามแนวคิดของจิราภา เต็งไตรรัตน์ และคณะ (2543) ได้อธิบายไว้ว่า กระบวนการที่ช่วยพัฒนาการจำ ได้แก่ การเขียนบันทึกความรู้ด้วยตนเอง การมีเทคนิคสำหรับจัดระบบความรู้ และการทบทวนอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ จากผลการวิจัยของ วันวิสา กองเสน (2558) ที่มีการจัดการเรียนรู้ร่วมกับการให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ในการส่งเสริมความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต พบว่า ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จากแนวคิดและผลการวิจัยดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น จึงตั้งสมมติฐาน ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐาน

2. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความคงทนในการเรียนรู้แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

**ขอบเขตการวิจัย**

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในโรงเรียนสังกัดเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม และการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดเชิงระบบ และความคงทนในการเรียนรู้

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหารายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

4. ระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ มีจำนวนทั้งหมด 15 คาบเรียน

5. ผู้วิจัยเป็นผู้สอนด้วยตนเอง ทั้งกลุ่มที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมและกลุ่มที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

**นิยามศัพท์เฉพาะ**

1. ความสามารถในการคิดเชิงระบบ หมายถึง การคิดในการทำความเข้าใจในมุมมองหรือกระบวนการที่ซับซ้อน โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย แล้วระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยเหล่านั้น ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในรูปของกรอบปฏิสัมพันธ์ได้ ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ ประกอบด้วย 4 ด้าน ดังนี้

1) การระบุองค์ประกอบในระบบ

2) การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ

3) การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตรระหว่างองค์ประกอบในระบบ

4) การจัดองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในกรอบปฏิสัมพันธ์

ความสามารถในการคิดเชิงระบบ วัดโดยวิเคราะห์ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบในแผนผังมโนทัศน์ที่ผู้เรียนสร้างขึ้น และตรวจให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Raved & Yarden (2014)

2. ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความทรงจำต่อเนื้อหาบทเรียน สามารถระลึกเนื้อหาบทเรียนดังกล่าวได้ หลังจากเว้นช่วงเวลาให้ผ่านไประยะหนึ่ง ความคงทนในการเรียนรู้วัดด้วยการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของการทดสอบ 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 ทดสอบหลังเสร็จสิ้นการเรียนรู้ 1 วัน และครั้งที่ 2 ทดสอบหลังการทดสอบครั้งที่ 1 ผ่านไป 5 สัปดาห์ การทดสอบทั้ง 2 ครั้งใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3. การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Raved & Yarden (2014) ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในระบบที่ซับซ้อน สามารถวิเคราะห์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการในระบบ มีวัตถุประสงค์ 6 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อสืบค้นความรู้เดิม (2) เพื่อทำความรู้จักแนวคิดเกี่ยวกับระบบ (3) เพื่อสร้างแรงจูงใจ (4) เพื่อพัฒนาความสามารถในการบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (5) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย (6) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ ผนวกกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์แต่ละข้อ แล้วทำการประมวลและสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นสืบค้นความรู้เดิม ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ระลึกและทบทวนถึงความรู้ความเข้าใจในบทเรียนที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยครูกระตุ้นด้วยคำถาม แล้วให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิมเป็นรายบุคคล

2) ขั้นทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ ขั้นนี้เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบ โดยครูใช้ตัวอย่างระบบจากกรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน แล้วให้นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบดังกล่าว

3) ขั้นสร้างแรงจูงใจ ขั้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจต่อการเรียนรู้ โดยครูใช้บทความทางวิทยาศาสตร์ที่มีความน่าสนใจและเชื่อมโยงกับระบบที่ศึกษาให้นักเรียนได้ร่วมกันศึกษาและอภิปราย แล้วสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้

4) ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ศึกษาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการในระบบ โดยครูกระตุ้นด้วยคำถามและจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อย เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมแล้ว ให้นักเรียนเขียนบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการในระบบเป็นรายบุคคล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) ขั้นวิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ ขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษาองค์ประกอบและกระบวนการในระดับย่อยของระบบ ครูเป็นผู้จัดหาแหล่งข้อมูลและกระตุ้นด้วยคำถาม โดยให้นักเรียนร่วมกันศึกษาและอภิปรายเป็นกลุ่มย่อยในการเจาะลึกถึงองค์ประกอบและกระบวนการระดับย่อย

6) ขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ ขั้นตอนนี้มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ศึกษาและร่วมกันอภิปรายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการในแต่ละระดับของระบบ เมื่อเสร็จสิ้นการอภิปรายแล้ว ให้นักเรียนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ของทั้งระบบเป็นรายบุคคล

4. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะในการแสวงหาความรู้หรือคำตอบที่ต้องการด้วยกระบวนการสืบสอบ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน เป็นการกระตุ้นความสนใจของนักเรียน มีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน และให้นักเรียนได้ตั้งคำถามสำคัญของการเรียนรู้

2) ชั้นกิจกรรม เป็นขั้นที่จัดประสบการณ์ให้นักเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย เพื่อตอบคำถามสำคัญในการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ในขั้นนำ

3) ขั้นสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนได้นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า มาสรุปเป็นความรู้และความคิดสำคัญของบทเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. รูปแบบผสานรวม
    1.1 ที่มาของรูปแบบผสานรวม
    1.2 ขั้นตอนและกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม
2. การคิดเชิงระบบ
    2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ
    2.2 การคิดเชิงระบบต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    2.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ
    2.4 ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ
    2.5 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดเชิงระบบ
3. ความคงทนในการเรียนรู้
    3.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้
    3.2 ความคงทนในการเรียนรู้และกระบวนการจำ
    3.3 แนวทางการวัดความคงทนในการเรียนรู้
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบผสานรวม
    4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ
    4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**1. รูปแบบผสานรวม (Unified Model)**

**1.1 ที่มาของรูปแบบผสานรวม**

รูปแบบผสานรวม (unified model) พัฒนาโดย Raved & Yarden (2014) เป็นรูปแบบที่แสดงลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ โดยมีการนำลำดับขั้นดังกล่าวมาสร้างวัตถุประสงค์และกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยรูปแบบผสานรวมพัฒนาจากแบบจำลองการคิดเชิงระบบ 3 แบบจำลอง ดังนี้

**1.1.1 แบบจำลองลำดับขั้นการคิดเชิงระบบ (Systems thinking hierarchical model)** เป็นแบบจำลองทางความคิดที่อธิบายถึงลำดับขั้นในการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบ พัฒนาโดย Assaraf และ Orion (Assaraf & Orion, 2005) โดยมี 8 ลำดับขั้น ดังนี้

1) การระบุองค์ประกอบและกระบวนการในระบบ (The ability to identify the components of a system and processes within the system) ความสามารถในการระบุองค์ประกอบ คือ ความสามารถในการแยกองค์ประกอบย่อยของระบบว่ามีอะไรบ้าง ยกตัวอย่างความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบในการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรของน้ำ

2) การระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ (The ability to identify relationships among the system's components) คือ ความสามารถในการอธิบายว่าองค์ประกอบในระบบมีการเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันอย่างไร

3) การจัดลำดับองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบความสัมพันธ์ (The ability to organize the systems' components and processes within a framework of relationships) คือ ความสามารถในการรวมทุกความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในระบบออกมาเป็นกรอบของความสัมพันธ์ในลักษณะแผนภาพ

4) การสร้างให้เกิดความเข้าใจโดยทั่วไป (The ability to make generalizations) คือ ความสามารถในการอธิบายระบบในเชิงลำดับขั้น พลวัต และวัฏจักร ให้เป็นแบบแผนที่เป็นที่เข้าใจโดยทั่วไป

5) การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตในระบบ (The ability to identify dynamic relationships within the system) คือ ความสามารถในการอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบและกระบวนการที่เชื่อมโยงองค์ประกอบย่อยในแง่ที่มีอิทธิพลต่อกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6) การเข้าใจในมิติที่มองไม่เห็นของระบบ (Understanding the hidden dimensions of the system) คือ การระลึกได้ถึงแบบแผนและปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่มีต่อกันแต่ไม่ได้ปรากฏให้เห็น

7) การเข้าใจธรรมชาติของวัฏจักรในระบบ (The ability to understand the cyclic nature of systems) คือ สามารถเข้าใจได้ว่าวัฏจักรไม่มีจุดสิ้นสุดและระบบหนึ่งประกอบด้วยวัฏจักรย่อยมากกว่า 1 วัฏจักร

8) การคิดสืบย้อนและการพยากรณ์ (Thinking temporally: retrospection and prediction) คือ สามารถเข้าใจได้ว่ากระบวนการที่เกิดอยู่ขณะปัจจุบัน บางกระบวนการเป็นผลมาจากกระบวนการที่เกิดขึ้นในอดีต ในขณะเดียวกันกระบวนการในปัจจุบันสามารถส่งผลต่อเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย

**1.1.2 สมรรถนะความสามารถการคิดเชิงระบบสำหรับรูปแบบการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ (Systems thinking competence for cell biology education model)** เป็นแบบจำลองทางความคิดที่พัฒนาโดย Verhoeff (2003) อธิบายความสามารถในการคิดเชิงระบบสำหรับการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ โดยแบ่งเป็น 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1) ความสามารถในการระบุระดับที่ต่างกันในการจัดระบบโครงสร้างเซลล์ และการทำความเข้าใจมโนทัศน์ทางชีววิทยาในแต่ละระดับของการจัดระบบโครงสร้างเซลล์

2) ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่อยู่ระดับเดียวกันของระบบโครงสร้างเซลล์

3) ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่อยู่ต่างระดับกันของระบบโครงสร้างเซลล์

4) ความสามารถในการเปรียบเทียบระหว่างสิ่งที่สังเกตได้จากแบบจำลองของเซลล์และสิ่งที่สังเกตได้จากเซลล์จริงจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์

**1.1.3 แบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (Structure - Behavior – Function Model: SBF Model)** เป็นแบบจำลองทางความคิดที่พัฒนาขึ้นโดย Ashock K. Goel เมื่อปี ค.ศ. 1996 เพื่อช่วยผู้ที่เรียนด้านวิศวกรรมให้เกิดความเข้าใจในการเรียนรู้เกี่ยวกับระบบที่ซับซ้อนโดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นสื่อในการเรียนการสอน (Liu and Hmelo-Silver, 2009)

ความหมายของอักษรย่อ SBF มีดังนี้

1) S (Structure) หมายถึง องค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ

2) B (Behavior) หมายถึง กลไกหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) F (Function) หมายถึง บทบาทขององค์ประกอบต่าง ๆ ภายในระบบ

แนวคิดของแบบจำลอง คือ เมื่อมีความเข้าใจในบทบาทขององค์ประกอบย่อยและกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบ จะสามารถเข้าถึงเครือข่ายของความคิดที่มีความซับซ้อนเกี่ยวกับปรากฏการณ์และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบ และยังทำให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในระบบที่ซับซ้อน สามารถรับรู้ได้ทั้งปรากฏการณ์ที่สังเกตได้ชัดเจน และกระบวนการที่ไม่สามารถสังเกตได้ชัดเจน (Assaraf, Dodick and Tripto, 2013)

แนวทางการใช้ SBF Representation จากงานวิจัยของ Liu and Hmelo-Silver (2009) มี 5 ประการ เพื่อให้เกิดความเข้าใจทั้งด้านโครงสร้าง พฤติกรรม และหน้าที่ ดังนี้

1) ใช้คำถาม “what” เพื่อให้เข้าใจด้านโครงสร้างของระบบ สามารถระบุได้ว่า ระบบประกอบด้วยองค์ประกอบย่อยอะไรบ้าง และมีความสัมพันธ์อะไรบ้างที่เกิดขึ้นกับองค์ประกอบย่อยเหล่านั้น

2) ใช้คำถาม “how” เพื่อให้เข้าใจด้านพฤติกรรมหรือกระบวนการของระบบ สามารถอธิบายว่ากระบวนการที่เกิดขึ้นตามปกติในระบบเป็นอย่างไร และมีความสัมพันธ์กันที่เชื่อมโยงระดับที่แตกต่างกันในระบบ รวมเข้าเป็นระบบเดียวกันได้อย่างไร

3) ใช้คำถาม “why” เพื่อให้เข้าใจด้านหน้าที่ของระบบ หน้าที่ของระบบบ่งบอกถึงบทบาทและผลที่เกิดจากกระบวนการต่าง ๆ ในระบบ

4) ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจว่า องค์ประกอบภายในระบบ มีระบบของตัวมันเอง กล่าวคือ องค์ประกอบของระบบก็มีองค์ประกอบย่อย กระบวนการ และหน้าที่เช่นเดียวกัน

5) ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจว่า การทำงานของระบบ เกิดจากพฤติกรรมหรือกระบวนการขององค์ประกอบระดับย่อย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบทั้งหมด

**1.2 ขั้นตอนและกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม**

รูปแบบผสานรวม มีวัตถุประสงค์การเรียนรู้ 6 ประการ (Raved & Yarden, 2014) ดังนี้

1) เพื่อสืบค้นความรู้เดิม (Eliciting prior knowledge)

2) เพื่อทำความรู้จักแนวคิดเกี่ยวกับระบบ (Exposing the students to the systems thinking approach)

3) เพื่อสร้างแรงจูงใจ (Creating motivation for learning)

4) เพื่อพัฒนาความสามารถในการบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (Developing the ability to describe relationships between the system components)

5) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย (Developing the ability to analyze small scale systems)

6) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ (Developing the ability to analyze complex systems)

วัตถุประสงค์ทั้ง 6 ข้อ ข้างต้นนั้น ได้อธิบายลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ของแต่ละวัตถุประสงค์ ซึ่งสะท้อนขั้นตอนการเรียนการสอน ได้ 6 ขั้น ดังนี้

1) ขั้นสืบค้นความรู้เดิม (Eliciting prior knowledge)

2) ขั้นทำความรู้จักแนวคิดเกี่ยวกับระบบ (Exposing to the systems thinking approach)

3) ขั้นสร้างแรงจูงใจ (Creating motivation for learning)

4) ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (Describing relationship between the system components)

5) ขั้นวิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย (Analyzing small scale systems)

6) ขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ (Analyzing complex systems)

การระบุลักษณะของกิจกรรมที่ไว้ในรูปแบบผสานรวม เป็นลักษณะของกิจกรรมโดยสังเขปและไม่ได้ระบุตัวอย่างกิจกรรม อย่างไรก็ตาม ได้มีนักการศึกษาได้ศึกษาแนวทางการพัฒนาการคิดเชิงระบบ และระบุกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีความสอดคล้องกับขั้นตอนของรูปแบบผสานรวม โดยปรากฏใน 2 งานวิจัย ดังนี้

Verhoeff, Waarlo & Boersma (2008) ซึ่งเป็นการใช้กลยุทธการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่องชีววิทยาของเซลล์ โดยใช้ระยะเวลาของการเรียนการสอนทั้งหมด 500 นาที มีขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

1) ขั้นสืบค้นความรู้เดิม มีกิจกรรม คือ ให้นักเรียนระดมสมองเป็นกลุ่ม โดยตั้งข้อสงสัยหรือคำถามเพื่อถามเพื่อนในกลุ่มในเรื่องที่เกี่ยวกับบทเรียน

2) ขั้นพัฒนาแบบจำลองที่สะท้อนความคิด เพื่อเพิ่มความเข้าใจในองค์ประกอบและกระบวนการของเซลล์ กิจกรรมในขั้นนี้ คือ ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มย่อย โดยให้ศึกษาตำรา หรือ

บทความเกี่ยวกับเซลล์ที่ดำรงชีวิตแบบอิสระ จากนั้นให้อภิปรายภายในกลุ่มย่อย เกี่ยวกับกระบวนการดำรงชีวิตของเซลล์อิสระนี้ แล้ววาดภาพที่สะท้อนความคิด เกี่ยวกับเซลล์ 1 เซลล์ ที่เป็นดังสิ่งมีชีวิต 1 ชนิด จากนั้นศึกษาตัวอย่างจริงของเซลล์ที่ดำรงชีวิตแบบอิสระ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วให้นักเรียนเปรียบเทียบระหว่างตัวอย่างจริงกับแบบจำลอง เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจในโครงสร้างองค์ประกอบ และกระบวนการพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

3) ขั้นพัฒนาแบบจำลอง 2 มิติของเซลล์ เพื่อให้เข้าใจถึงองค์ประกอบระดับย่อยและกระบวนการที่ซับซ้อนของเซลล์ โดยมีกิจกรรม คือ ให้นักเรียนศึกษาตัวอย่างจริงของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จากนั้นศึกษาภาพของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แล้วให้นักเรียนร่วมกันวาดภาพที่ถ่ายได้จากกล้องจุลทรรศน์ พร้อมทั้งระบุออร์แกเนลล์ภายในเซลล์

4) ขั้นพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติ เพื่อทำความเข้าใจความซับซ้อนในการทำงานร่วมกันของออร์แกเนลล์ภายในเซลล์ กิจกรรมในขั้นนี้คือ ให้นักเรียนทำงานเป็นคู่ โดยศึกษาข้อมูลจากตำราและสื่ออินเตอร์เน็ต แล้วสร้างแบบจำลองเซลล์ 3 มิติ แล้วนำเสนอแบบจำลองที่สร้างมาด้วยการใช้คำถาม ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกระบวนการทำงานของออร์แกเนลล์ในเซลล์ซึ่งมีความสัมพันธ์เป็นระบบเดียวกัน

5) ขั้นขยายความสามารถในการคิดเชิงระบบในเรื่องลำดับชั้นของความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบในร่างกาย โดยมีกิจกรรม คือ ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มย่อย ศึกษาข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวกับเซลล์ต้นแบบ แล้วอภิปรายเกี่ยวกับการรับสัญญาณหรือการติดต่อจากปัจจัยภายนอกของเซลล์แล้วร่วมกันเขียนบรรยายสรุปความเข้าใจ จากนั้นครูใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการสอน โดยให้นักเรียนจับคู่แล้วร่วมกันศึกษากระบวนการรักษาดุลยภาพของระบบต่อมไร้ท่อ ทั้งในระดับร่างกาย ระดับอวัยวะ และระดับเซลล์ แล้วจึงสรุปความเข้าใจเกี่ยวกับระดับของการทำงานในระบบร่างกายของสิ่งมีชีวิตสิ่งให้ชัดเจนยิ่งขึ้น โดยใช้คำถามที่นำไปสู่การสรุปเกี่ยวกับระบบการทำงานภายในเซลล์ซึ่งสัมพันธ์ต่อกระบวนการในระดับอวัยวะและร่างกาย

Hmelo, Holton, & Kolodner (2000) ได้พัฒนาความสามารถในการเข้าใจระบบที่ซับซ้อนโดยใช้การเรียนรู้โดยการออกแบบเป็นฐาน (learning by design) และแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (structure-behavior-function model) ใช้ระยะเวลาของการเรียนการสอนทั้งหมด 13 คาบ คาบเรียนละ 2 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) ขั้นสืบค้นความรู้เดิม กิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ สัมภาษณ์นักเรียน ใช้คำถามปลายเปิดเกี่ยวกับการหายใจและองค์ประกอบของระบบหายใจ แล้วให้นักเรียนสร้างแผนผังของระบบหายใจ

2) ขั้นกระตุ้นความสนใจและนำเข้าสู่การเรียนการสอน โดยมีกิจกรรมคือ ครูยกสถานการณ์ข่าวของโรคที่เกี่ยวกับปอดและการปลูกถ่ายอวัยวะ ซึ่งเร้าให้นักเรียนเพ่งความสนใจ เกิดกระบวนการคิดและอยากแก้ปัญหา แล้วให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มย่อย โดยให้ศึกษาบทความสั้น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปอด แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนข้อความที่แสดงข้อเท็จจริงและข้อมูลต่าง ๆ ของปัญหาที่ได้จากบทความ แล้วชี้แจงถึงกิจกรรมที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสร้างปอดเทียมในช่วง 2 สัปดาห์แรกของการเรียนรู้

3) ขั้นสร้างความเข้าใจในที่มาของปัญหา และวิเคราะห์องค์ประกอบของปัญหา กิจกรรมในขั้นตอนนี้ คือ ให้นักเรียนระดมสมองภายในกลุ่ม เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนต้องศึกษาและทำความเข้าใจเพื่อที่จะออกแบบปอดเทียมขึ้นมา โดยครูเป็นผู้ชี้นำด้วยคำถาม ที่เน้นให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้าง พฤติกรรม ตลอดจนหน้าที่ของระบบ ในกิจกรรมนี้ ครูเป็นผู้จัดหาแหล่งข้อมูลสำหรับการศึกษาค้นคว้าของนักเรียน ได้แก่ ตำรา เอกสารต่าง ๆ รวมถึงสื่อประสม (multimedia) นอกจากนี้ ครูยังเป็นผู้สาธิตการใช้เครื่องมืออย่างง่ายสำหรับวัดประสิทธิภาพของปอด และให้นักเรียนทดลองใช้เครื่องมือดังกล่าวด้วย

4) ขั้นสร้างความเชื่อมโยงองค์ประกอบของปัญหา และข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าในขั้นตอนนี้ ครูเป็นผู้สร้างชุดคำถาม และนำมาใช้เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้คิดทบทวนเกี่ยวกับหน้าที่และกระบวนการ ซึ่งเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) ขั้นวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหา เป็นการให้นักเรียนเริ่มต้นออกแบบปอดจำลองโดยใช้ข้อมูลที่ศึกษามาได้ โดยอภิปรายกันถึงสิ่งใดบ้างที่จะต้องใช้ในการสร้างปอดจำลอง และมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มาเพิ่มประสบการณ์แก่นักเรียน กระบวนการในการออกแบบและการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยมี 3 ขั้นตอน คือ (1) การระบุปัญหา (2) การสร้างมโนทัศน์ต้องการออกแบบ และ (3) การออกแบบขั้นแรกเริ่ม

หลังจากที่ได้ศึกษาแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบปอดเทียม และวางแผนเพื่อจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์สำหรับประดิษฐ์ปอดเทียม

6) ขั้นแก้ไขปัญหาตามแผนที่วางไว้ ในขั้นนี้ นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือประดิษฐ์ปอดเทียมตามที่วางแผนไว้ โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการตอบข้อสงสัยระหว่างประดิษฐ์ ในระหว่างนี้นักเรียนสามารถสอบถาม แลกเปลี่ยนข้อมูล และสังเกตเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ได้

7) ขั้นแบ่งปันและนำเสนอ กิจกรรมในขั้นนี้ คือ ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอกระบวนการประดิษฐ์ปอดเทียม โดยอธิบายตั้งแต่การสืบค้นเพื่อให้ได้ข้อมูล การวางแผนประดิษฐ์ เหตุผลของการเลือกวัสดุอุปกรณ์ ตลอดจนหลักการทำงานของปอดเทียมที่นักเรียนได้ประดิษฐ์ขึ้นในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับโรคปอด ในขณะที่นักเรียนนำเสนอนั้น ครูสามารถใช้คำถามเพื่อนำให้นักเรียนทุกคนในชั้นเรียนเกิดการเชื่อมโยงโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานของระบบหายใจ

8) ขั้นทบทวนและสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้อภิปรายกลุ่มย่อย เกี่ยวกับระบบหายใจที่นักเรียนได้เรียนรู้มา โดยมีการเสนอความคิดและแลกเปลี่ยนกับเพื่อนสมาชิกในกลุ่มย่อย แล้วให้นักเรียนทุกคนจดบันทึกสิ่งที่ได้จากการอภิปรายลงในกระดาษ จากนั้นครูใช้ชุดคำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายทั้งชั้นเรียน เพื่อให้สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้าง หน้าที่ และกลไกการทำงานของร่างกาย ในท้ายที่สุดนักเรียนจึงร่วมกันสรุปเกี่ยวกับระบบหายใจ

## 2. การคิดเชิงระบบ (Systems Thinking)

### 2.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

จุดเริ่มต้นของการคิดเชิงระบบ เกิดจากการวางรากฐานทฤษฎีระบบทั่วไป (General system theory) ในปี ค.ศ. 1949 โดย Ludwig Von Bertalanffy ศาสตราจารย์ด้านชีววิทยา ได้ตั้งข้อสังเกตว่านักวิทยาศาสตร์ต่างมีมุมมองที่มุ่งเน้นเฉพาะสาขาของตนเอง ขาดการมองแบบองค์รวม กล่าวคือ นักฟิสิกส์มุ่งความสนใจความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนนักเคมีเน้นศึกษาเพียงอะตอมอย่างเดียว ในขณะที่นักชีววิทยาพยายามแบ่งส่วนของอนุภาคต่าง ๆ ให้เป็นส่วนที่เล็กที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ ข้อสังเกตดังกล่าวนำมาสู่การสร้างทฤษฎีระบบทั่วไปที่สามารถนำไปใช้ได้กับศาสตร์สาขาอื่น ๆ และถือว่าเป็นทฤษฎีที่จำเป็นสำหรับการใช้อธิบายความสัมพันธ์ของสาขาวิชาต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี (Neuliep, 1996)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การคิดเชิงระบบ (systems thinking) เป็นคำที่รู้จักแพร่หลายมากขึ้น เมื่อ Peter M. Senge ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ The Fifth Discipline: The Art and Practice of the learning Organization ในปี ค.ศ. 1990 เป็นหนังสือที่ว่าด้วยองค์กรแห่งการเรียนรู้ (learning organization) ที่ประกอบด้วยวินัย 5 ประการ ดังนี้

1) การมีวิสัยทัศน์ร่วมกัน (Shared vision) เป็นความเข้าใจเป้าหมายและมโนภาพขององค์กรในอนาคตร่วมกัน เพื่อให้สมาชิกขององค์กรมีแนวปฏิบัติร่วมกันต่อการผลักดันองค์กร

2) การเรียนรู้ของสมาชิกในองค์กร (Personal mastery) เป็นการทำความเข้าใจในวิสัยทัศน์และความสามารถของตนเองให้ถ่องแท้เพื่อนำไปสู่การพัฒนา

3) การเรียนรู้เป็นทีม (Team learning) การเรียนรู้เป็นทีมจะเกิดผลดีต่อการบรรลุเป้าหมายและส่งผลให้สมาชิกแต่ละคนของทีมเติบโตอย่างรวดเร็ว

4) รูปแบบของความคิด (Mental model) เป็นความเชื่อ ค่านิยม หรือทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อวิสัยทัศน์และแนวปฏิบัติ โดยความเชื่อ ค่านิยม หรือทัศนคติดังกล่าวนั้นมีผลต่อพฤติกรรมของบุคคล

5) การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) เป็นองค์ความรู้ที่บูรณาการองค์ความรู้อื่น ๆ หลอมรวมเข้ามาเป็นทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การคิดเชิงระบบจะทำให้สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อองค์กรโดยรวม และสามารถตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและกัน มองปัญหาที่ซับซ้อนแบบเป็นองค์รวมมากกว่ามองแบบแยกส่วน

## 2.2 ความสำคัญของการคิดเชิงระบบต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

### 2.2.1 ความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การคิดเชิงระบบ มีความสำคัญในการพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เนื่องจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เน้นศึกษาเกี่ยวกับระบบที่ซับซ้อน เพราะระบบที่ซับซ้อนเป็นตัวแทนของแนวคิดเชิงบูรณาการที่นำมาสู่ความเข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ นอกจากนี้การเข้าใจระบบที่ซับซ้อน ยังเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่การบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆอีกด้วย (Assaraf, Dodick & Tripto, 2013) สำหรับวิชาชีววิทยา การทำความเข้าใจระบบเชิงชีววิทยา ต้องปรับเปลี่ยนกระบวนการศึกษาชีววิทยาที่เน้นความสำคัญกับองค์ประกอบของระบบ มาสู่การให้ความสำคัญกับโครงสร้าง และกระบวนการที่การเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตของระบบ (Kitano, 2002 อ้างถึงใน Assaraf, Dodick & Tripto, 2013)

### 2.2.2 ความสำคัญต่อการแก้ปัญหาในการดำรงชีวิต

การพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดสามารถในการคิดเชิงระบบ จะทำให้ผู้เรียนเติบโตเป็นบุคคลที่สามารถทำความเข้าใจในปัญหาที่ซับซ้อน นำไปสู่การตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพและการแก้ปัญหาที่ท้าทายทั้งด้านสังคม สิ่งแวดล้อม และปัญหาของโลกในศตวรรษที่ 21 (Jacobson & Wilensky, 2006 อ้างถึงใน Boersma, Waarlo & Klaassen 2011) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในมิติของการแก้ปัญหาผู้ที่มีกระบวนการคิดเชิงระบบ จะสามารถปรับกระบวนคิดให้มีความรอบคอบและยืดหยุ่น ส่งผลให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สามารถเชื่อมโยงสู่กระบวนการแก้ปัญหา เนื่องจากทำให้สามารถมองเห็นสาเหตุของปัญหาได้ชัดเจน และหาหนทางแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ (Assaraf & Orion , 2005)

**2.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ**

การคิดเชิงระบบ เป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่ประกอบด้วยทักษะและความสามารถทางการคิดหลายด้าน คำว่าการคิดเชิงระบบ มาจากคำภาษาอังกฤษว่า systems thinking ซึ่งมีความหมายต่างจากคำว่า systematics thinking โดย Bartlett (2001) ได้อธิบายความแตกต่างของ 2 คำ ดังกล่าวไว้ว่า systematics thinking เป็นการคิดอย่างมีแบบแผนและมีลำดับขั้นตอน ในขณะที่ systems thinking เป็นการคิดเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในภาพรวมทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับโกมาตร จึงเสถียรทรัพย์ (2557) ที่เปรียบเทียบว่า systematic thinking คือ “การคิดเป็นระบบ” เป็นการคิดให้ครบตามลำดับเป็นขั้นตอน แตกต่างจาก systems thinking คือ “การคิดเชิงระบบ” เป็นการคิดอย่างสัมพันธ์เชื่อมโยงเป็นองค์รวม โดยมีนักการศึกษาหลายท่าน ได้ให้ความหมายและคำจำกัดความของการคิดเชิงระบบไว้ดังนี้

Senge (1990) กล่าวถึงการคิดเชิงระบบ ว่าเป็นกระบวนการคิดขั้นสูงสำหรับองค์กรแห่งการเรียนรู้และบุคคลแห่งการเรียนรู้ เป็น 1 ใน 5 วินัยแห่งการเรียนรู้เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดหรือเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน จนนำไปสู่การสร้างปัญหาที่ทำให้ไม่สามารถไปถึงจุดมุ่งหมายที่วางไว้ได้ ดังนั้นการคิดเชิงระบบจึงเป็นรูปแบบของการคิดที่มีลักษณะเชื่อมโยง คิดแบบภาพรวมทั้งหมด สามารถสังเคราะห์และมองเส้นปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ของระบบ ทำให้ความสัมพันธ์เชิงลึก ความสัมพันธ์แนวกว้าง รวมทั้งความสัมพันธ์ที่ซับซ้อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Sweeney (1999) ได้อธิบายความหมายของการคิดเชิงระบบ ว่าเป็นแขนงวิชาที่ว่าด้วยการพิจารณาปัญหาแบบองค์รวม ในการทำความเข้าใจแบบแผนของการเกิดปัญหารวมถึงเหตุการณ์รายรอบ การคิดเชิงระบบยังนำมาสู่การสร้างกรอบการทำงานเพื่อการตั้งคำถามที่ชาญฉลาด การนิยามปัญหา และการตัดสินใจอย่างมีประสิทธิภาพ

Verhoff (2003) ได้จำกัดความของสมรรถนะในการคิดเชิงระบบ (systems thinking competence) ไว้ว่า เป็นความสามารถในการเชื่อมโยงมุมมองที่มีความแตกต่างกัน หรือเป็นมุมมองที่อยู่คนละระดับ ซึ่งมุมมองดังกล่าวมีความซับซ้อนและประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบหลาย ๆ ส่วน

Evagorou (2009) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบว่า เป็นความสามารถในการเข้าใจและความสามารถในการแปลความหมายของระบบที่ซับซ้อน

Riess and Mischo (2010: 707) ได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ว่า เป็นความสามารถในการระลึก อธิบาย สร้างแบบแผนของโครงสร้าง และจัดระบบความสัมพันธ์ นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงความสามารถในการระบุองค์ประกอบที่สำคัญและความเกี่ยวโยงในระดับต่าง ๆ กันของระบบ ตลอดจนความสามารถในการระลึกถึงมิติของเวลาและการเปลี่ยนแปลง

Cheng, Ructtinger and Fujii (2010: 3) ได้อธิบายว่า การคิดเชิงระบบ เป็นรูปแบบหนึ่งของการมีเหตุผลเกี่ยวกับแบบแผนและกระบวนการพื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนการจัดโครงสร้างและลำดับขององค์ประกอบในแต่ละส่วนและแต่ละระดับ

สมาคมพัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (2558) อธิบายว่า การคิดเชิงระบบ เป็นการคิดแบบเชื่อมโยง มองภาพรวม ผสานกับการคิดเชิงวิเคราะห์และสังเคราะห์ เพื่อให้เห็นปฏิสัมพันธ์ระหว่างส่วนต่าง ๆ ของระบบ ทั้งความสัมพันธ์เชิงลึกและความสัมพันธ์แนวกว้าง ในลักษณะที่เป็นความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนไม่เป็นเส้นตรง คิดเน้นที่กระบวนการหรือแบบแผนมากกว่าภาพเป็นจุด

จากการศึกษาความหมายของการคิดเชิงระบบดังกล่าว จึงได้สรุปความหมายการคิดเชิงระบบว่า เป็นการคิดในการทำความเข้าใจในมุมมองหรือกระบวนการที่ซับซ้อน โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อย แล้วระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยเหล่านั้น ตลอดจนสามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในรูปของกรอบปฏิสัมพันธ์ได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**2.4 ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ**

การคิดเชิงระบบเป็นกระบวนการทางสมองที่เกิดจากการคิดย่อย ทักษะ หรือความสามารถหลายประการประกอบกัน โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายลักษณะสำคัญของการคิดเชิงระบบดังนี้

Anderson and Johnson (1997) ได้อธิบายลักษณะสำคัญของการคิดเชิงระบบ (general systems thinking characteristics) ไว้ 5 ด้าน ดังนี้

1) การคิดแบบองค์รวม

หลักการคิดเชิงระบบให้ความสำคัญต่อการคิดแบบองค์รวม มองย้อนกลับไปยังจุดที่เกิดปัญหาและมองเป็นภาพใหญ่ เน้นการพยายามค้นหาแหล่งของปัญหาที่อาจเกี่ยวโยงมาจากส่วนอื่น จะเป็นการมองที่ครอบคลุม รอบคอบ รอบด้าน

2) การสร้างสมดุลระหว่างมุมมองระยะสั้นกับมุมมองระยะยาว

การคิดเชิงระบบมีแนวคิดว่า การพิจารณาว่าพฤติกรรมที่จะนำไปสู่ความสำเร็จระยะสั้น หรือความสำเร็จระยะสั้นที่ถูกทำให้เกิดขึ้นในทันทีทันใดนั้น บางครั้งอาจจะเป็นสิ่งที่กลับไปทำลายความสำเร็จในระยะยาวก็ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาสร้างความสมดุลระหว่างการยอมให้เกิดผลของความสำเร็จน้อยกว่าระยะสั้น เพื่อหวังผลความสำเร็จในระยะยาว

3) มีความเป็นพลวัตรอันซับซ้อนของระบบ

ปัจจัยต่าง ๆ ของระบบมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา มีความซับซ้อน และทุกปัจจัยมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน การคิดเชิงระบบให้ความสำคัญกับการจัดลำดับหรือทำงานกับปัญหาทีละปัญหา พิจารณาความสัมพันธ์ในลักษณะที่พิจารณาถึงความเชื่อมโยงอย่างสมเหตุสมผล

4) มีการใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

การใช้แหล่งข้อมูลที่หลากหลายและครบถ้วนนำมาสู่การพิจารณาระบบให้มีความรอบด้านและลึกซึ้ง

5) หน้าที่ขององค์ประกอบย่อยและหน้าที่ของทั้งระบบมีอิทธิพลต่อกันและกัน

การคิดเชิงระบบมีแนวทางว่า ทุกองค์ประกอบย่อยของระบบล้วนมีความสำคัญต่อกระบวนการโดยภาพรวมทั้งหมดของระบบ แต่ละองค์ประกอบย่อยล้วนมีหน้าที่ของตนเองและมีอิทธิพลต่อกระบวนการโดยรวมของระบบ

Assaraf and Orion (2005) ได้แบ่งลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ (characteristics of systems thinking) ไว้ 8 ด้าน ดังนี้

1) ความสามารถในการระบุองค์ประกอบและกระบวนการในระบบ (The ability to identify the components of a system and processes within the system) ความสามารถในการระบุองค์ประกอบ คือ ความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบย่อยๆของระบบว่ามีอะไรบ้าง ยกตัวอย่างความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบในการเรียนรู้เรื่องวัฏจักรของน้ำ เช่น การระบุได้ถึงแหล่งน้ำที่เกี่ยวข้องกับวัฏจักรของน้ำ ได้แก่ มหาสมุทร แม่น้ำ ทะเลสาบ น้ำพุร้อน แพน้ำแข็ง

ฝน และเมฆ ส่วนความสามารถในการระบุกระบวนการในระบบ คือ ความสามารถในการระบุว่าองค์ประกอบในระบบมีการทำงานอย่างไรบ้าง เช่น การระบุได้ถึงกระบวนการที่ทำให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ การระเหย การควบแน่น การกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ การแทรกซึมสู่ดิน การไหลของน้ำทั้งบนดินและใต้ดิน การหลอมเหลว การแข็งตัว และการละลายของน้ำ

2) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ (The ability to identify relationships among the system's components) คือ ความสามารถในการอธิบายว่าองค์ประกอบในระบบมีการเกี่ยวข้องเชื่อมโยงกันอย่างไร เช่น การอธิบายได้ว่าการทำให้เกิดมลพิษในแม่น้ำ จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำ

3) ความสามารถในการจัดลำดับองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบความสัมพันธ์ (The ability to organize the systems' components and processes within a framework of relationships) คือ ความสามารถในการรวมทุกความสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยในระบบ ออกมาเป็นกรอบของความสัมพันธ์ในลักษณะแผนภาพ เช่น แผนภาพแสดงวัฏจักรของน้ำที่ระบุทุกกระบวนการที่เกี่ยวข้อง

4) ความสามารถในการสร้างให้เกิดความเข้าใจโดยทั่วไป (The ability to make generalizations) คือ ความสามารถในการอธิบายระบบในเชิงลำดับขั้น พลวัต และ วัฏจักร ให้เป็นแบบแผนที่เป็นที่เข้าใจโดยทั่วไป เช่น การอธิบายได้ว่าวัฏจักรของมีกระบวนการอยู่ใน 3 ส่วนสำคัญ ได้แก่ ชีวภาค ธรณีภาค และอุทกภาค และมีการเปลี่ยนแปลงของน้ำจากอุทกภาคสู่ธรณีภาคโดยการแทรกซึมผ่านช่องว่างระหว่างดินและหินอย่างเป็นแบบแผน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตในระบบ (The ability to identify dynamic relationships within the system) คือ ความสามารถในการอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบและกระบวนการที่เชื่อมโยงองค์ประกอบย่อยในแง่ที่มีอิทธิพลต่อกัน เช่น การอธิบายได้ว่ากิจกรรมของมนุษย์ส่งผลต่อมลภาวะของน้ำใต้ดิน จากการใช้ยาปราบวัชพืชและปุ๋ยเคมี สารเหล่านี้จะละลายน้ำแล้วซึมลงสู่ชั้นดินและชั้นหินแล้วรวมกับน้ำบาดาล

6) ความเข้าใจในมิติที่มองไม่เห็นของระบบ (Understanding the hidden dimensions of the system) คือ การระลึกได้ถึงแบบแผนและปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบย่อยที่มีต่อกันแต่ไม่ได้ปรากฏออกมาให้เห็น เช่น การรับรู้ถึงกระบวนการบางช่วงในวัฏจักรของน้ำที่มองไม่

เห็น คือ การแทรกซึมของน้ำลงสู่ชั้นดินและชั้นหิน รวมไปถึงการดูดซึมน้ำที่แทรกระหว่างช่องว่างในดินเข้าสู่รากพืช จากนั้นพืชคายน้ำเป็นไอสู่บรรยากาศ

7) ความสามารถในการเข้าใจธรรมชาติของวัฏจักรในระบบ (The ability to understand the cyclic nature of systems) คือ สามารถเข้าใจได้ว่าวัฏจักรไม่มีจุดสิ้นสุดและระบบหนึ่งประกอบด้วยวัฏจักรย่อยมากกว่า 1 วัฏจักร เช่น สามารถอธิบายได้ว่าวัฏจักรของน้ำประกอบด้วยการระเหยของน้ำจากแหล่งน้ำผิวดินสู่บรรยากาศ รวมตัวเป็นเมฆแล้วเกิดการควบแน่นกลั่นตัวลงมาเป็นหยดน้ำฝนตกลงสู่ผิวดินอีกครั้ง

8) การคิดสืบย้อนและการพยากรณ์ (Thinking temporally: retrospection and prediction) คือ สามารถเข้าใจได้ว่ากระบวนการที่เกิดอยู่ ณ ปัจจุบัน บางกระบวนการเป็นผลมาจากกระบวนการที่เกิดขึ้นในอดีต ในขณะเดียวกันกระบวนการในปัจจุบันก็ส่งผลต่อเหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตด้วย เช่น คุณภาพของน้ำ ณ ปัจจุบันในแหล่งน้ำบางแหล่ง เป็นผลมาจากกระบวนการทางธรณีวิทยาและกิจกรรมของมนุษย์ สามารถพยากรณ์ได้ว่า เมื่อมีการสร้างโรงงานอุตสาหกรรมขึ้นในพื้นที่หนึ่ง จะส่งผลต่อคุณภาพของน้ำในพื้นที่นั้นอย่างไร

Assaraf and Orion (2010) และ Assaraf, Dodick and Tripto (2013) ได้เสนอรูปแบบลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ (Systems thinking hierarchical model) โดยจัดเรียงลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงทั้ง 8 ลักษณะ ออกเป็น 3 ระดับที่ต่อเนื่องกัน กล่าวคือ ระดับที่ต่ำกว่าเป็นพื้นฐานในการพัฒนาสู่ระดับที่อยู่สูงกว่า (Assaraf and Orion, 2010: 36) ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ระดับ A การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ (Analyzing the system components)**

1) ความสามารถในการระบุองค์ประกอบและกระบวนการในระบบ

**ระดับ B การสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบ (Synthesizing the system components)**

1) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ

2) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตในระบบ

3) ความสามารถในการจัดลำดับองค์ประกอบและกระบวนการของระบบภายในกรอบความสัมพันธ์

4) ความสามารถในการเข้าใจธรรมชาติของวัฏจักรในระบบ

**ระดับ C การนำไปปฏิบัติและทำให้เกิดผล (Implementation)**

1) ความสามารถในการสร้างให้เกิดความเข้าใจโดยทั่วไป
2) ความเข้าใจในมิติที่มองไม่เห็นของระบบ
3) การคิดสืบย้อนและการพยากรณ์

งานวิจัยของ Raved & Yarden (2014) ได้พัฒนาแบบจำลองลักษณะของการคิดเชิงระบบในด้านชีววิทยา โดยผสานแบบจำลอง 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลองลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ (Assaraf & Orion, 2010) แบบจำลองความสามารถของการคิดเชิงระบบสำหรับการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ (Verhoeff, 2003) และแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (Liu & Hmelo-Silver, 2009) โดยเรียกรูปแบบนี้ว่า รูปแบบผสานรวม (unified model) ซึ่งอธิบายลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ 4 ขั้น รวมถึงระดับของการคิดเชิงระบบในแต่ละขั้น 2 ระดับ คือ ระดับพื้นฐาน (basic level) และระดับสูง (high level) โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** คำอธิบายระดับของการคิดในแต่ละลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบตามรูปแบบผสานรวม (Raved & Yarden, 2014)

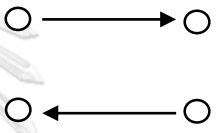
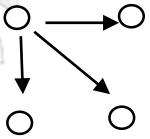
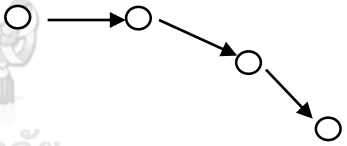
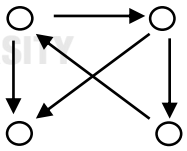
| ลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ | คำอธิบายระดับของการคิด | |
|---|---|---|
| | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง |
| 1. ความสามารถในการระบุองค์ประกอบในระบบ | จัดโครงสร้างองค์ประกอบได้เพียงระดับชั้นเดียว | จัดโครงสร้างองค์ประกอบมากกว่า 1 ระดับชั้นได้ |
| 2. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ | ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันได้ | ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่คนละระดับชั้นได้ |
| 3. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตรระหว่างองค์ประกอบในระบบ | ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่ในระดับชั้นเดียวกันได้ | ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่คนละระดับชั้นได้ |
| 4. ความสามารถในการจัดองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในกรอบปฏิสัมพันธ์ | สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบเส้นตรงและรูปแบบแตกกิ่ง | สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ในรูปแบบสายโซ่และรูปแบบเครือข่าย |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

### 1.5 แนวทางการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ

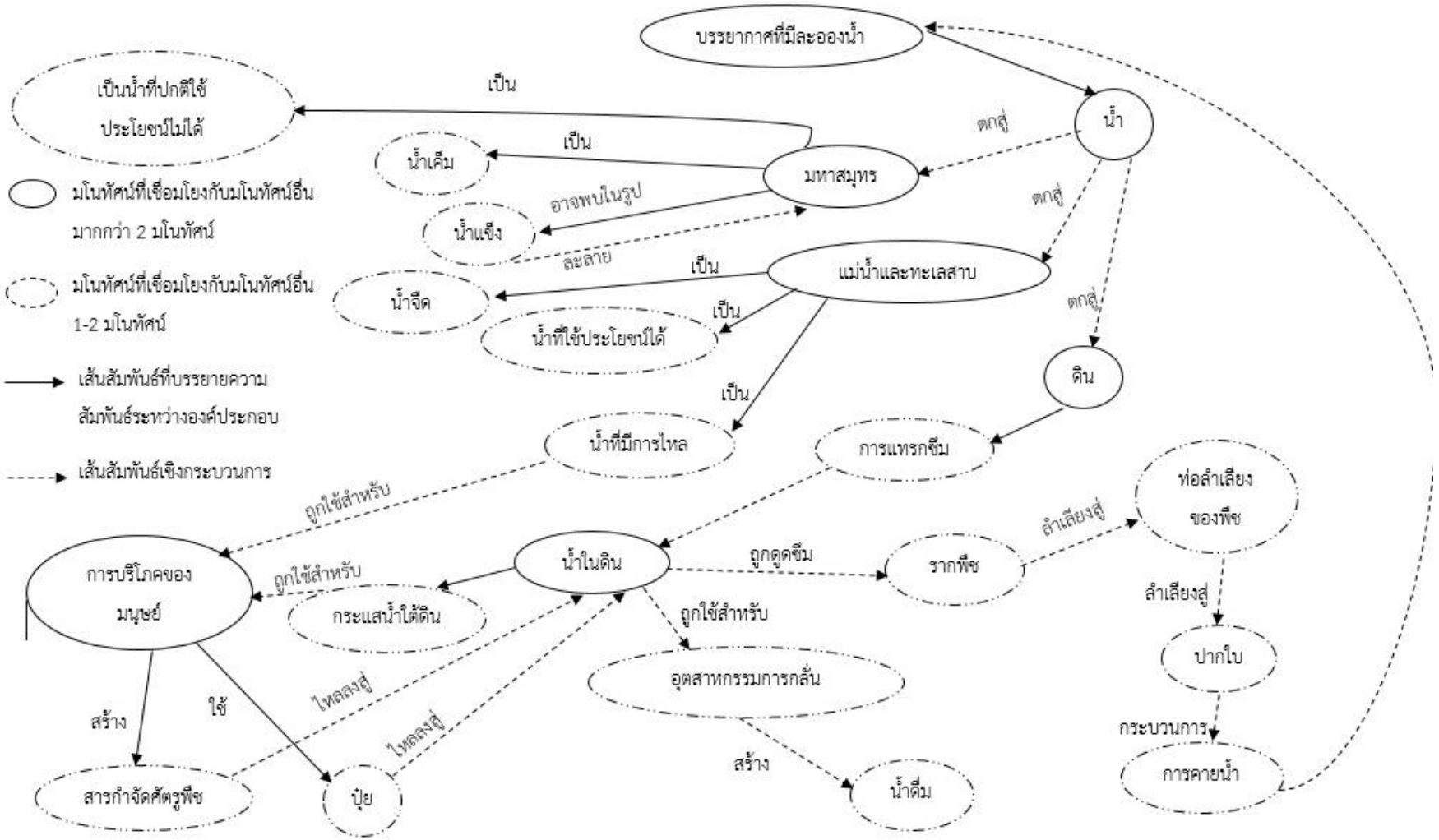
การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เป็นการประเมินจากแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังจบเนื้อหาของบทเรียนแล้ว การตรวจแผนผังมโนทัศน์เพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบพิจารณาจากรูปแบบที่นักเรียนแสดงในแผนผัง 4 รูปแบบ คือ (1) รูปแบบเส้นตรง (2) รูปแบบแตกกิ่ง (3) รูปแบบสายโซ่ และ (4) รูปแบบเครือข่าย คำอธิบายรูปแบบและแผนภาพกรอบปฏิสัมพันธ์ของแต่ละรูปแบบ แสดงดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** แผนภาพและคำอธิบายลักษณะกรอบปฏิสัมพันธ์ของแผนผังมโนทัศน์แต่ละรูปแบบ (Raved & Yarden, 2014)

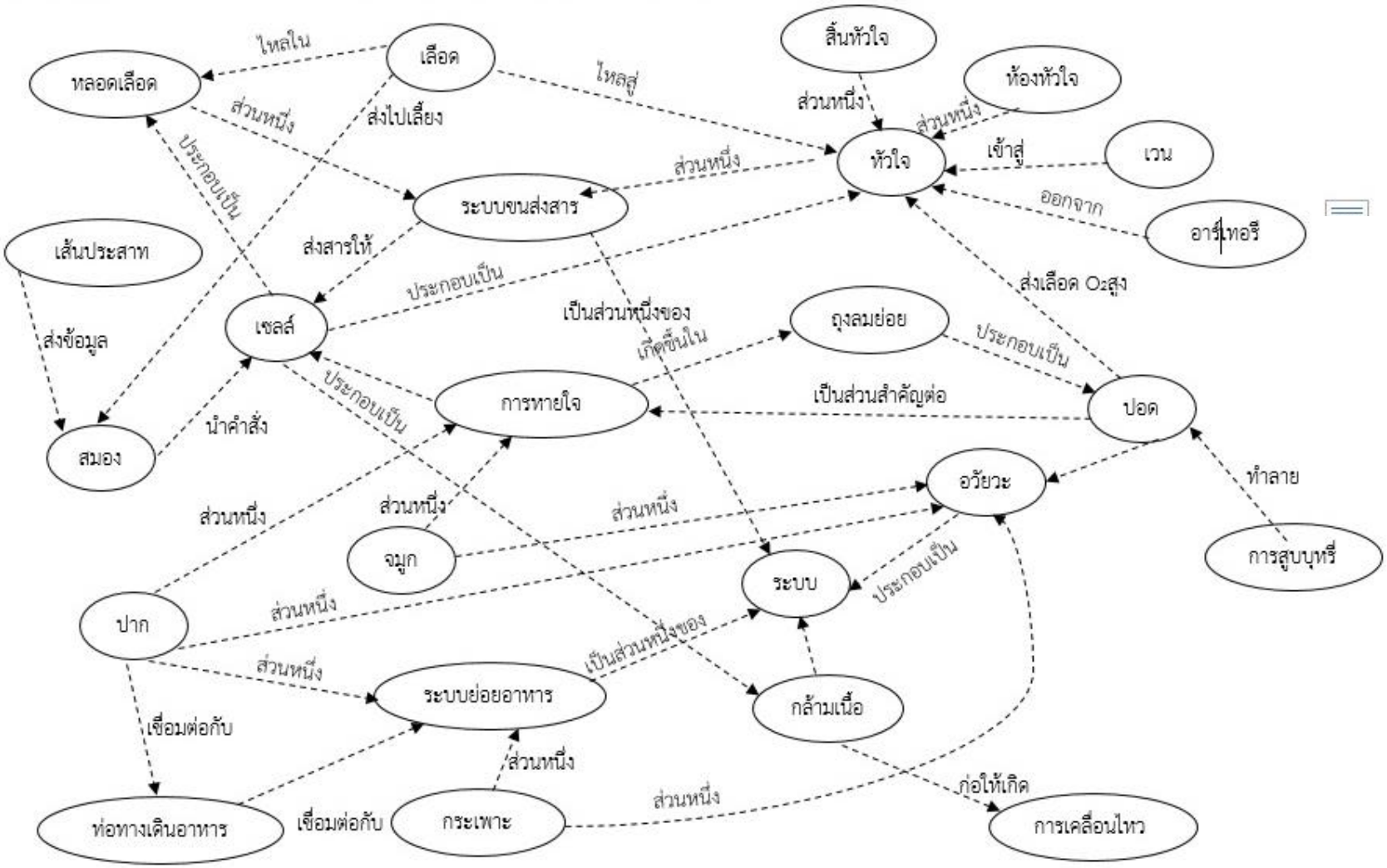
| รูปแบบและคำอธิบายลักษณะ | แผนภาพอธิบายลักษณะของกรอบปฏิสัมพันธ์ |
|---|---|
| รูปแบบเส้นตรง ประกอบด้วยมโนทัศน์ 2-3 มโนทัศน์ เป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนต่ำที่สุด |  |
| รูปแบบแตกกิ่ง ประกอบด้วยมโนทัศน์ใจกลาง ซึ่งเชื่อมต่อกับมโนทัศน์อื่น ๆ เป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนมากกว่ารูปแบบเส้นตรง |  |
| รูปแบบสายโซ่ ประกอบด้วยมโนทัศน์หลายมโนทัศน์ที่เชื่อมต่อกันเป็นลูกโซ่ เป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนมากกว่ารูปแบบแตกกิ่ง |  |
| รูปแบบเครือข่าย ประกอบด้วยมโนทัศน์หลายมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงกันเป็นเครือข่าย เป็นรูปแบบที่มีความซับซ้อนมากที่สุด |  |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

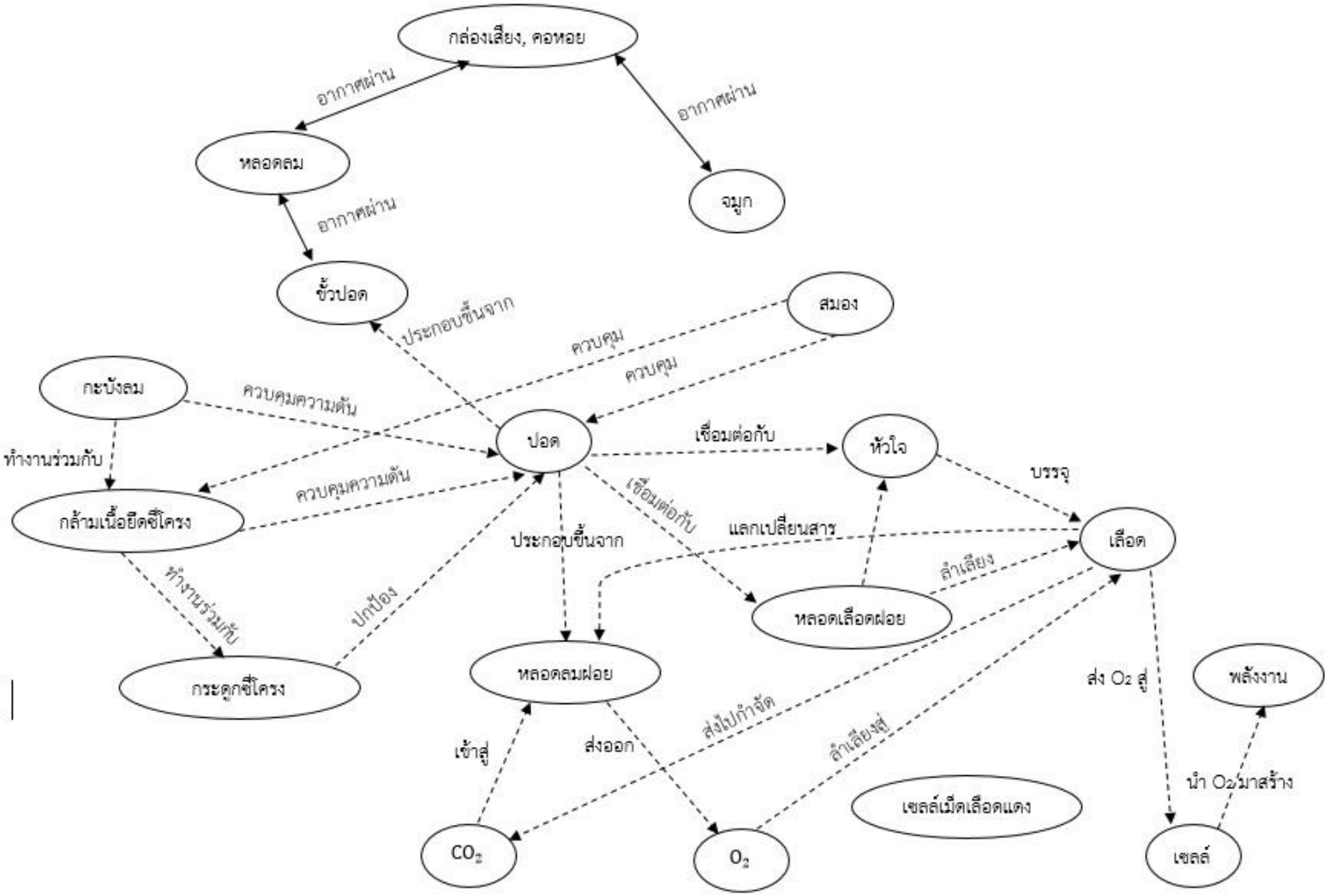
ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ที่ใช้สำหรับการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบใน 3 หัวข้อ ได้แก่ 1) วัฏจักรของน้ำ (Assaraf & Orion, 2005) 2) ระบบไหลเวียนเลือด (Assaraf, Dodick, & Tripto, 2013) และ 3) ระบบหายใจ (Hmelo-Silver, Mathe, & Liu, 2007) มีดังนี้




**ภาพที่ 1** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง วัฏจักรของน้ำ (Assaraf & Orion, 2005)




**ภาพที่ 2** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบไหลเวียนเลือด (Assaraf, Dodick & Tripto, 2013)




**ภาพที่ 3** แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบหายใจ (Hmelo-Silver, Marthe, & Liu, 2007)

การตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์เพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ มีเกณฑ์พิจารณา 4 ด้าน คือ (1) ประพจน์ (2) การจัดระดับ (3) การเชื่อมระหว่างสายมโนทัศน์ และ (4) ตัวอย่าง และมีการให้คะแนนตามระดับความสามารถ แบ่งเป็น 4 ระดับคะแนน คือ ตั้งแต่ 0-4 มีคะแนนเต็มเท่ากับ 16 คะแนน เกณฑ์การพิจารณาและระดับคะแนนแผนผังมโนทัศน์ แสดงดังตารางที่ 3

**ตารางที่ 3** เกณฑ์การพิจารณาระดับคะแนนแผนผังมโนทัศน์ (Novak & Gowin, 1984)

| **ระดับคะแนน** | **เกณฑ์การพิจารณา** |
|---|---|
| | **1. ประพจน์** |
| 4 | มโนทัศน์ที่เชื่อมกันตั้งแต่ร้อยละ 75 มีคำเชื่อมมีความหมายและตรงกับความสัมพันธ์ |
| 3 | มโนทัศน์ที่เชื่อมกันตั้งแต่ร้อยละ 50 แต่ไม่ถึงร้อยละ 75 มีคำเชื่อมมีความหมายและตรงกับความสัมพันธ์ |
| 2 | มโนทัศน์ที่เชื่อมกันตั้งแต่ร้อยละ 25 แต่ไม่ถึงร้อยละ 50 มีคำเชื่อมมีความหมายและตรงกับความสัมพันธ์ |
| 1 | มโนทัศน์ที่เชื่อมกันไม่ถึงร้อยละ 25 มีคำเชื่อมมีความหมายและตรงกับความสัมพันธ์ |
| 0 | ไม่พบมโนทัศน์ที่เชื่อมกันและคำเชื่อมไม่มีความหมายและไม่ตรงกับความสัมพันธ์เลย |
| | **1. การจัดระดับ** |
| 4 | แผนผังมโนทัศน์มีการจัดระดับตั้งแต่ร้อยละ 75 โดยแต่ละมโนทัศน์ที่อยู่รองลงมาเป็นมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจง และมีความกว้างขวางน้อยกว่ามโนทัศน์ที่อยู่ลำดับแรกๆ |
| 3 | แผนผังมโนทัศน์มีการจัดระดับตั้งแต่ร้อยละ 50 แต่ไม่ถึงร้อยละร้อยละ 75 โดยมีการจัดระดับเป็นส่วนมาก |
| 2 | แผนผังมโนทัศน์มีการจัดระดับตั้งแต่ร้อยละ 25 แต่ไม่ถึงร้อยละ 50 โดยมีการจัดระดับเป็นบางส่วน |
| 1 | แผนผังมโนทัศน์มีการจัดระดับไม่ถึงร้อยละ 25 โดยมีการจัดระดับน้อยมาก |
| 0 | แผนผังมโนทัศน์ไม่มีการมีการจัดระดับ หรือการจัดระดับไม่ถูกต้อง |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| ระดับคะแนน | เกณฑ์การพิจารณา |
|---|---|
| | **3. การเชื่อมระหว่างสายมโนทัศน์** |
| 4 | มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผลและถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป |
| 3 | มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผลและถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 50 แต่ไม่ถึงร้อยละ 75 |
| 2 | มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผลและถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 25 แต่ไม่ถึง 50 |
| 1 | มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผลและถูกต้องไม่ถึงร้อยละ 25 |
| 0 | ไม่มีการเชื่อมโยงกันระหว่างสายของมโนทัศน์อย่างสมเหตุสมผลและถูกต้อง |
| | **4. การยกตัวอย่าง** |
| 4 | ยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ที่ได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 75 |
| 3 | ยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 50 แต่ไม่ถึงร้อยละ 75 |
| 2 | ยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ได้ถูกต้องตั้งแต่ร้อยละ 25 แต่ไม่ถึงร้อยละ 50 |
| 1 | ยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ได้ถูกต้องไม่ถึงร้อยละ 25 |
| 0 | ไม่พบการยกตัวอย่างของเหตุการณ์หรือวัตถุที่เป็นตัวแทนของมโนทัศน์ |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Raved & Yarden (2014) ได้อธิบายการวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ โดยพิจารณาองค์ประกอบที่ปรากฏในแผนผังมโนทัศน์ เพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็น 2 ระดับ คือ ระดับพื้นฐาน และระดับสูง ดังตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** เกณฑ์ประเมินระดับความสามารถจากการวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ (Raved & Yarden, 2014)

| ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ | วิธีวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ | เกณฑ์ประเมินระดับความสามารถ | |
|---|---|---|---|
| | | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง |
| 1. การระบุองค์ประกอบในระบบ | - นับจำนวนองค์ประกอบ<br>- จำแนกองค์ประกอบออกเป็นกลุ่มตามระดับชั้นของโครงสร้าง | องค์ประกอบทั้งหมดปรากฏอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน | องค์ประกอบปรากฏอยู่ในคนละระดับชั้น |
| 2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ | - นับจำนวนความสัมพันธ์พื้นฐาน<br>- จำแนกความสัมพันธ์พื้นฐานออกเป็นกลุ่มตามระดับชั้นของโครงสร้าง | ความสัมพันธ์พื้นฐานปรากฏอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน | ความสัมพันธ์พื้นฐานปรากฏอยู่ในคนละระดับชั้น |
| 3. การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบในระบบ | - นับจำนวนความสัมพันธ์เชิงพลวัตร<br>- จำแนกความสัมพันธ์เชิงพลวัตรออกเป็นกลุ่มตามระดับชั้นของโครงสร้าง | ความสัมพันธ์เชิงพลวัตปรากฏอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน | ความสัมพันธ์เชิงพลวัตปรากฏอยู่ในคนละระดับชั้น |
| 4. การจัดองค์ประกอบในระบบให้อยู่ในกรอบปฏิสัมพันธ์ | - นับจำนวนเส้นเชื่อมโยง 3 มโนทัศน์<br>- จำแนกกรอบปฏิสัมพันธ์ออกเป็น 4 รูปแบบ | สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบไม่ดี คือ รูปแบบเส้นตรง และแตกกิ่ง | สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบดี คือ รูปแบบสายโซ่ และเครือข่าย |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากการวิเคราะห์หลักเกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ตามแนวคิด Novak & Gowin (1984) และแนวทางการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบด้วยการวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ตามแนวคิด Raved & Yarden (2014) พบว่ามีวิธีการให้คะแนนที่ความสอดคล้องกัน กล่าวคือใช้การนับมโนทัศน์หรือองค์ประกอบในแผนผัง นับเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์หรือองค์ประกอบ และพิจารณาการจัดระดับของมโนทัศน์หรือองค์ประกอบ

**3. ความคงทนในการเรียนรู้ (Learning Retention)**

ความคงทนในการเรียนรู้มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการแก้ปัญหา บุคคลที่ได้รับการพัฒนาให้มีความคงทนในการเรียนรู้ จะเป็นผู้ที่ตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว เพราะสามารถนำสิ่งที่เคยเรียนรู้หรือประสบการณ์มาใช้แก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว (Walsh & Ungson, 1991) นอกจากนี้ ความคงทนในการเรียนรู้มีความจำเป็นและสำคัญมากสำหรับการเรียนรู้ชีววิทยา เนื่องจากชีววิทยาเป็นวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตซึ่งครอบคลุมถึงโครงสร้าง การทำงาน และการเจริญเติบโตของร่างกาย ตลอดจนกระบวนการดำรงชีวิตและการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีความรู้คงทนช่วยให้เรียนรู้เนื้อหาที่ซับซ้อนมากขึ้นได้ (Umar, 2011) นอกจากนี้ความรู้ด้านชีววิทยายังเป็นพื้นฐานของการศึกษาในหลายสาขาของการเรียนในระดับอุดมศึกษา ได้แก่ การแพทย์ การพยาบาล เภสัชศาสตร์ เกษตรศาสตร์ วนศาสตร์ รวมถึงเทคโนโลยีชีวภาพและอณูชีววิทยา รวมถึงสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง (Gambari et. al., 2014) ดังนั้น การที่ผู้เรียนยังคงมีความรู้และความเข้าใจในเนื้อหาพื้นฐานของชีววิทยา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการเรียนรู้ในเนื้อหาที่ซับซ้อนและการศึกษาในระดับที่สูงขึ้น

**3.1 ความหมายความคงทนในการเรียนรู้**

การนิยามความหมายของความคงทนในการเรียนรู้นั้น ได้มีนักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่าน ได้อธิบายไว้ ดังนี้

Adam (1967: 9) ได้นิยามความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ว่า หมายถึง การคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้ หรือความสามารถที่จะระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนหรือเคยมีประสบการณ์ เมื่อเวลาผ่านไปช่วงระยะหนึ่ง ซึ่งก็คือ ความคงทนในการจำ ถ้ามีการประเมินผลการเรียนรู้หลังจากเวลาล่วงเลยระยะหนึ่ง ผลการประเมินที่ได้คือ ผลการเรียนรู้ของความคงทนในการจำ

Ausubel (1969) ได้ให้ความหมายไว้ว่า ความคงทนของผลการเรียนรู้ เป็นกระบวนการของการคงสภาพของสิ่งที่ได้เรียนรู้ไว้บางส่วนหรือทั้งหมด หรือการคงไว้ของความรู้ที่เคยได้รับในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง

สุรางค์ โค้วตระกูล (2528: 239) ได้นิยามความหมายว่า ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง การรวบรวมและเก็บรักษาประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อมได้เป็นระยะเวลานาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Walsh and Ungson (1991: 58) ได้อธิบายว่า ความคงทนในการเรียนรู้เป็นกระบวนการของการจดจำและการเรียกคืนสิ่งที่เคยเรียนรู้หรือเคยประสบในอดีตของแต่ละบุคคล เป็นเสมือนการเก็บข้อมูลไว้ในคลังของสมองในช่วงระยะเวลาหนึ่ง และนำข้อมูลนั้นออกมาใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

จากการนิยามความหมายของความคงทนในการเรียนรู้ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้นนั้น สรุปได้ว่า ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความทรงจำต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว หรือประสบการณ์ที่เคยรับรู้มาแล้วทั้งหมดหรือบางส่วนและเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานาน สามารถเรียกคืนหรือแสดงอาการว่าเคยรับรู้ต่อสิ่งที่เรียนรู้หรือประสบการณ์ดังกล่าวได้ หลังจากทิ้งช่วงเวลาออกไประยะหนึ่ง

**3.2 ความคงทนในการเรียนรู้และกระบวนการความจำ**

การศึกษากระบวนการเกี่ยวกับความจำ เป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ เนื่องจากการรักษาสิ่งที่ได้เรียนรู้ไว้เป็นระยะเวลานานนั้นมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับกระบวนการจำ มีนักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้อธิบายเกี่ยวกับกระบวนการจำไว้ดังนี้

ชัยพร วิชชาวุธ (2525: 287) ได้จำแนกรูปแบบของกระบวนการจำ ออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ความจำการรู้สึกสัมผัส (Sensory Memory) หมายถึง ความคงสภาพอยู่ของความรู้สึกสัมผัสหลังจากการรับรู้สิ่งเร้าของประสาทสัมผัสได้สิ้นสุดลง เป็นรูปแบบของความจำที่สูญหายไปอย่างรวดเร็ว

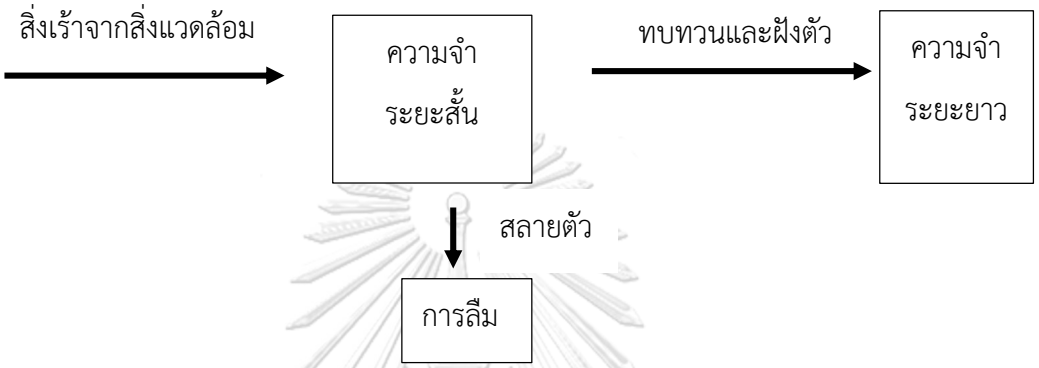
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. ความจำระยะสั้น (Short – Term Memory หรือ STM) หมายถึง ความจำหลังการรับรู้สิ่งเร้าที่ได้รับการประมวลผลจนเกิดการรับรู้แล้ว จะอยู่ในความจำระยะสั้น ซึ่งเป็นการจำเพียงชั่วคราวสำหรับใช้ประโยชน์ในขณะที่จำอยู่เท่านั้น จึงอาจเรียกความจำระยะสั้นนี้ว่า ความจำขณะทำงาน (working memory) เพราะเกิดขึ้นเฉพาะในเวลาที่กำลังถูกใช้เท่านั้น

3. ความจำระยะยาว (Long – Term Memory หรือ LTM) หมายถึง ความจำที่มีความคงทนถาวร โดยที่ไม่มีความรู้สึกว่ากำลังจดจำสิ่งดังกล่าวอยู่ แต่เมื่อต้องการใช้ หรือมีสิ่งใดมาปลุกเร้าก็สามารถระลึกขึ้นมาได้

Atkinson & Shiffrin (1968 อ้างถึงใน ชัยพร วิชชาวุธ, 2525: 71 –72) ได้สร้างทฤษฎีความจำเพื่ออธิบายความจำระยะสั้นและความจำระยะยาว ทฤษฎีนี้ คือ ทฤษฎีความจำ 2 กระบวนการ (Two Process Theory of memory) มีใจความว่า ความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว สิ่งใดก็ตามถ้าอยู่

ในความจำชั่วคราวต้องได้รับการทบทวนตลอดเวลา มิฉะนั้นความจำสิ่งนั้นก็จะสลายตัว หรือเกิดการลืม สิ่งที่จะถูกจดจำไว้ในความจำชั่วคราวได้จึงมีจำกัด แต่หากมีการทบทวนซ้ำไปซ้ำมา จะสามารถป้องกันไม่ให้ความจำสลายตัวไป และยิ่งถ้ามีการจำข้อมูลใด ๆ ไว้ในความจำระยะสั้นเป็นระยะเวลานาน ข้อมูลนั้นก็จะยิ่งมีโอกาสฝังตัวในความจำระยะยาวมากขึ้น ข้อมูลที่มีการบันทึกไว้ในความจำระยะยาวจะมีสภาพความจำที่คงทนถาวร นั้นก็คือ ความคงทนในการจำ




**ภาพที่ 4** ความจำ 2 กระบวนการ (Atkinson & Shiffin, 1968 อ้างถึงใน ชัยพร วิชชาวุธ, 2525: 71 –72)

จากรูปแบบของกระบวนการจำและกระบวนการเกิดความจำระยะยาวที่ได้อธิบายข้างต้นนั้น สรุปได้ว่า ความจำมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อความคงทนในการเรียนรู้ สามารถจำแนกความจำออกเป็น 3 รูปแบบ คือ ความจำการรู้สึกสัมผัส ความจำระยะสั้น และความจำระยะยาว ความจำระยะสั้นสามารถสลายตัว หรือเกิดการลืมได้อย่างรวดเร็ว จึงจัดว่าเป็นความจำชั่วคราว แต่ถ้าหากมีกระบวนการป้องกันไม่ให้สิ่งที่จำนั้นสลายไป เช่น การทบทวนในสิ่งที่เรียนรู้บ่อยๆ ความจำชั่วคราวนั้นจะถูกประมวลและเข้ารหัสเพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว สามารถระลึก หรือรื้อฟื้นออกมาใช้ได้เมื่อต้องการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**3.3 แนวทางการวัดความคงทนในการเรียนรู้**

การวัดความคงทนในการเรียนรู้ เป็นการวัดโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยากับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน ทำการวัดผล 2 ครั้ง โดยเว้นระยะเวลาระหว่างการทดสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นเวลา 2-4 สัปดาห์ (Cortright, Collins, Rodenbaugh & Di Carlo, 2003; Lindvall & Nitko, 1975; ชวาล แพรัตกุล, 2552; Gambari, Yaki, Gana & Ughovwa, 2014) ลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ชีววิทยา มีดังนี้

Cortright, Collins, Rodenbaugh and Di Carlo (2003) ได้วัดความคงทนในการเรียนรู้วิชาสรีรวิทยาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีด้วย โดยใช้ข้อสอบวัดความรู้ด้านสรีรวิทยา ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยหลายตัวเลือก

Gambari, Yaki, Gana and Ughovwa (2014: 82) ได้วัดผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา (Biology Achievement Test) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยหลายตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ

นภัสสร ชะปูแสน (2557) ได้วัดผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เนื้อหาชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารและสารอาหาร ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

วันวิสา กองเสน (2558) ได้วัดผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง อาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

ศุภพงศ์ เนียมเที่ยง (2558) ได้วัดผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งเป็นข้อสอบปรนัยแบบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

จากแนวการวัดความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาที่ได้อธิบายข้างต้นนั้น สรุปได้ว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยา ทำได้โดยให้ผู้เรียนทำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัยที่มีตัวเลือกอย่างน้อย 4 ตัวเลือก และมีจำนวนข้อระหว่าง 30 – 50 ข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

## 4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบผสานรวม

ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบผสานรวม จากงานวิจัยดังต่อไปนี้

Raved & Yarden (2014) วิจัยเรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในเนื้อหา เรื่อง ระบบไหลเวียนเลือดของมนุษย์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้พัฒนาแบบจำลองลักษณะของการคิดเชิงระบบในด้านชีววิทยา โดยผสานแบบจำลอง 3 แบบจำลอง คือ แบบจำลองลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ แบบจำลองความสามารถของการคิดเชิงระบบสำหรับการศึกษาชีววิทยาของเซลล์ (Verhoeff,

Waarlo & Boersma, 2008) และแบบจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (Liu and Hmelo-Silver, 2009) โดยเรียกแบบจำลองที่พัฒนานี้ว่า รูปแบบผสานรวม (unified model) แล้วใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเครื่องมือและกลยุทธ์การสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ โดยกำหนดวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ 6 วัตถุประสงค์ ดังนี้

1. เพื่อสืบค้นความรู้เดิม
2. เพื่อทำความรู้จักแนวคิดเกี่ยวกับระบบ
3. เพื่อสร้างแรงจูงใจ
4. เพื่อพัฒนาความสามารถในการบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ
5. เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย
6. เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านเครื่องมือและกลยุทธการสอนดังกล่าวแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการของระบบมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ รวมถึงสามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างระดับชั้นของระบบได้

Hmelo, Holton, & Kolodner (2000) ได้พัฒนาความสามารถในการเข้าใจระบบที่ซับซ้อนโดยใช้การเรียนรู้โดยการออกแบบเป็นฐาน (learning by design) ผสานกับจำลองโครงสร้าง-พฤติกรรม-หน้าที่ (structure-behavior-function model) โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 42 คน ใช้ระยะเวลาของการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 26 ชั่วโมง ในเนื้อหาเรื่อง ระบบหายใจ (respiratory system) ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 8 ขั้นตอน ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ขั้นสืบค้นความรู้เดิม
2. ขั้นกระตุ้นความสนใจและนำเข้าสู่กิจกรรม
3. ขั้นสร้างความเข้าใจในที่มาของปัญหา
4. ขั้นสร้างความเชื่อมโยงองค์ประกอบของปัญหา
5. ขั้นวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหา
6. ขั้นแก้ไขปัญหาตามแผน
7. ขั้นแบ่งปันและนำเสนอ
8. ขั้นทบทวนและสรุป

ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความเข้าใจในโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานของระบบหายใจในระดับที่ซับซ้อนมากขึ้นกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Verhoeff, Waarlo & Boersma (2008) ได้ศึกษาการใช้กลยุทธการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่องชีววิทยาของเซลล์ โดยใช้ระยะเวลาของการเรียนการสอนทั้งหมด 500 นาที มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสืบค้นความรู้เดิม
2. ขั้นพัฒนาแบบจำลองที่สะท้อนความคิด
3. ขั้นพัฒนาแบบจำลอง 2 มิติ
4. ขั้นพัฒนาแบบจำลอง 3 มิติ
5. ขั้นขยายความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ผลการศึกษา นักเรียนในกลุ่มทดลองมีความเข้าใจในโครงสร้าง และกระบวนการทำงานของของเซลล์ทั้งระดับ macro scale และระดับ micro scale ที่มีความเชื่อมโยงและซับซ้อนมากขึ้นกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ**

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบในส่วนของการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยปรากฏงานวิจัยดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Assaraf & Orion (2005) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในการเรียนรู้ เรื่อง ระบบธรรมชาติของโลก กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น งานวิจัยใช้โปรแกรมการเรียนรู้ในเนื้อหาเกี่ยวกับระบบวัฏจักรของน้ำ ผลการศึกษาพบว่า ในระยะแรกนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับต่ำ เมื่อผ่านโปรแกรมของการวิจัยแล้ว นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และ 1 ใน 3 ของนักเรียนเหล่านี้มีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูงสุด นอกจากนี้ งานวิจัยยังได้ศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลให้การคิดเชิงระบบของนักเรียนมีความแตกต่างกัน โดยพบว่ามี 2 ปัจจัย ได้แก่ พื้นฐานความสามารถด้านปัญญาของนักเรียนแต่ละคน และระดับในการเอาใจใส่ในการร่วมกิจกรรมบูรณาการในระหว่างโปรแกรมการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน ต่อมา Assaraf and Orion (2010) ได้ทำการวิจัยต่อเนื่องเป็นกรณีศึกษาเพื่อตรวจสอบกระบวนการในการรับรู้การคิดเชิงระบบในหลักสูตรเกี่ยวกับวัฏจักรของน้ำ โดยศึกษากับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา

ตอนต้น 4 คน หลังจากนักเรียนผ่านโปรแกรมเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบเป็นเวลา 6 ปี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนได้มีการพัฒนาแบบแผนทางความคิดเกี่ยวกับระบบ และจดจำเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้เรียนรู้อย่างเป็นแบบแผนได้ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลดังกล่าว

Riess & Mescho (2010) ได้ศึกษาการส่งเสริมการคิดเชิงระบบผ่านบทเรียนชีววิทยา ผู้วิจัยได้พัฒนาบทเรียนพิเศษในวิชาชีววิทยาเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบ ร่วมกับการเรียนรู้ผ่านเหตุการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่5-6 เนื้อหาที่ใช้ในงานวิจัย คือเรื่องระบบนิเวศของป่าไม้ ระเบียบวิธีวิจัยใช้รูปแบบการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองคือกลุ่มที่เรียนด้วยบทเรียนพิเศษ ร่วมกับการเรียนรู้ผ่านเหตุการณ์จำลองในคอมพิวเตอร์กับกลุ่มควบคุม แล้วจึงทำการวัดความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ และวัดการอธิบายเหตุผลเชิงสะท้อนกลับของการคิดเชิงระบบ โดยให้นักเรียนทำแบบสอบถามก่อนและหลังเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนจากการทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และกลุ่มทดลองมีคะแนนการอธิบายเหตุผลเชิงสะท้อนกลับของการคิดเชิงระบบเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

Assaraf, Dodick & Tripto (2013) ได้ศึกษาระดับของการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เรื่อง ระบบอวัยวะของมนุษย์ โดยศึกษาว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ผ่านหลักสูตรชีววิทยา เรื่อง ร่างกายมนุษย์ ที่เน้นดุลยภาพของร่างกาย มีการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับใด โดยได้แบ่งระดับของการคิดเชิงระบบไว้ 3 ระดับเรียงจากระดับต่ำไปสูง ดังนี้ (1) ระดับการวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ (2) ระดับการสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบ) และ (3) ระดับการทำให้เกิดผลและนำไปใช้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ผ่านหลักสูตรชีววิทยา เรื่อง ร่างกายมนุษย์ ที่เน้นดุลยภาพของร่างกาย ยังไม่มีความสามารถทางการคิดเชิงระบบที่เหนือกว่าระดับ 1 (วิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ) ได้ นอกจากนี้ พบว่านักเรียนมีความเข้าใจในด้านโครงสร้างของระบบมากว่าความเข้าใจในด้านกระบวนการ และมีความเข้าใจในองค์ประกอบระดับมหภาค มากกว่าองค์ประกอบระดับจุลภาค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้**

การศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้ มีดังต่อไปนี้

Cortright, Collins, Rodenbaugh and Di Carlo (2003) ได้ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้วิชาสรีรวิทยาของนักศึกษาระดับปริญญาตรีจำนวน 38 คน โดยเปรียบเทียบนักเรียนทดสอบร่วมกันเป็นกลุ่ม (collaborative group testing) กับนักเรียนที่ทดสอบเป็นรายบุคคล ทำการทดสอบกลุ่ม

ละ 2 ครั้ง ด้วยข้อสอบฉบับเดียวกัน เว้นระยะเวลาของการสอบครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 เป็นเวลา 4 สัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนกลุ่มควบคุมที่ทดสอบเป็นรายบุคคลมีคะแนนในการสอบครั้งที่ 2 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มทดลองที่ทดสอบร่วมกันเป็นกลุ่ม ที่มีคะแนนสอบครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างจากครั้งที่ 1 แสดงว่า การทดสอบร่วมกันเป็นกลุ่มเป็นกลยุทธ์ที่มีประสิทธิภาพต่อการส่งเสริมให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ได้

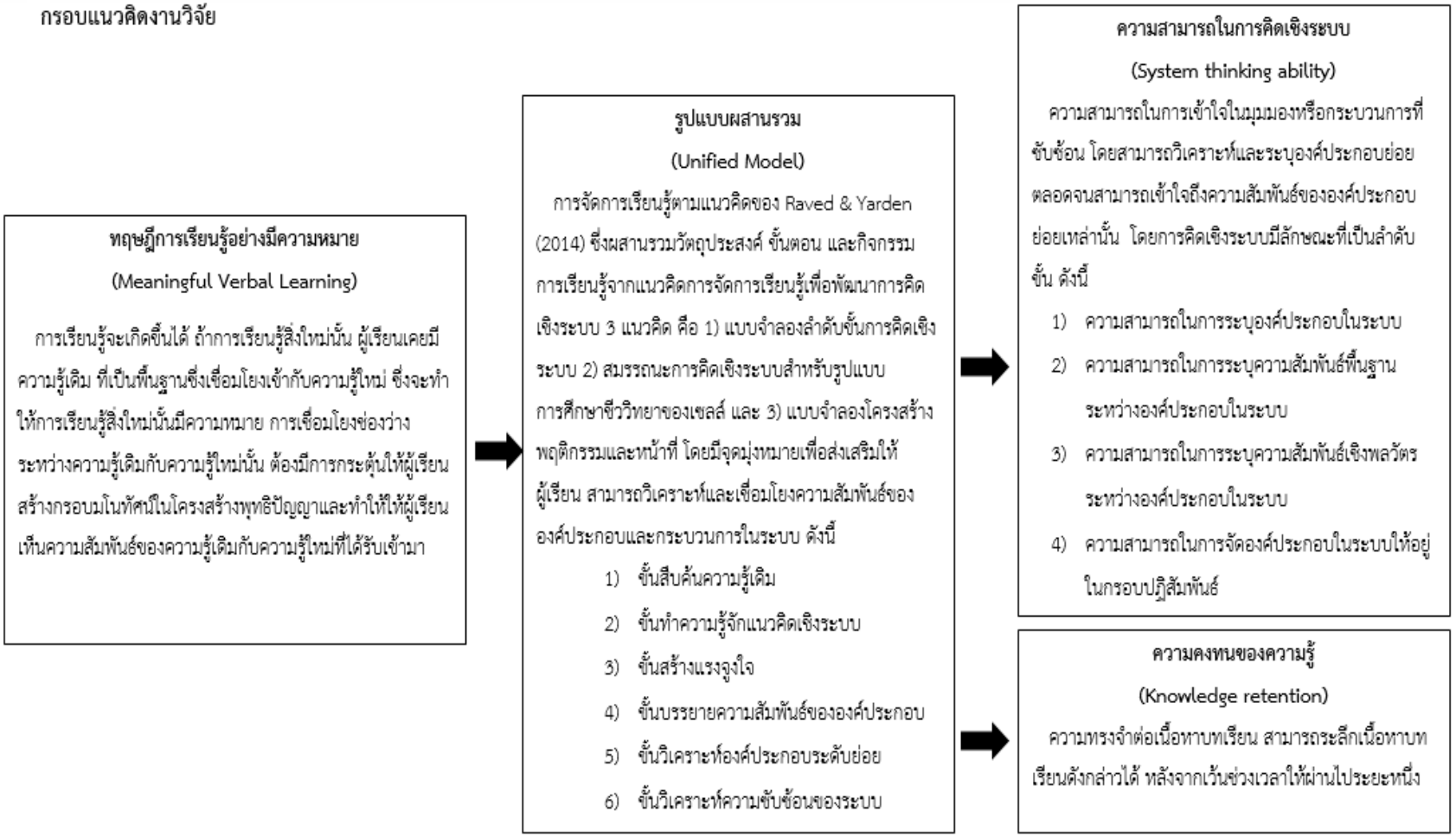
Nesbit & Adesope (2006) ได้ทำการวิเคราะห์อภิมาน (meta-analysis) เพื่อศึกษาผลของการเรียนรู้ด้วยการแผนผังมโนทัศน์และความรู้ในหลายสาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ จิตวิทยา และสถิติ กับนักเรียนตั้งแต่ระดับประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย 5,818 ราย ซึ่งได้ใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนสร้าง ปรับเปลี่ยน และศึกษาทบทวนแผนผังมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ที่มากขึ้นในทุกระดับชั้นของกลุ่มตัวอย่างและทุกสาขาวิชาที่ทำการศึกษา

Ozden & Gultekin (2008) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐาน (Brain-Based Learning) กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งใช้กิจกรรมหลากหลายในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ การอภิปรายกลุ่มย่อย การแสดงบทบาทสมมุติ การใช้เสียงดนตรีเพื่อผ่อนคลาย ตลอดจนการสร้างแบบจำลองและแผนผังสำหรับสรุปสิ่งที่เรียนรู้ เปรียบเทียบกับนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนปกติ มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 22 คน ใช้ระยะเวลาในการศึกษา 18 คาบเรียน ภายในเวลา 11 วัน ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้สมองเป็นฐานมีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่าแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Gambari, Yaki, Gana and Ughovwa (2014: 82) ได้วัดผลสัมฤทธิ์และความคงทนในการเรียนรู้วิชาชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 120 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เพื่อศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ภาพเคลื่อนไหวร่วมกับการบรรยายและการใช้ภาพเคลื่อนไหวร่วมกับการบรรยายบนจอภาพ โดยจัดการเรียนรู้เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาโดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ซึ่งเป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก จำนวน 50 ข้อ ทำการวัดความคงทนในการเรียนรู้โดยใช้ข้อสอบฉบับเดิมกับนักเรียนกลุ่มเดียวกัน เว้นระยะจากการสอบครั้งแรก 4 สัปดาห์

**กรอบแนวคิดงานวิจัย**



# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

## 1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental Research) แบบ Two group posttest design กลุ่มตัวอย่างของการวิจัยประกอบด้วย (1) กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม และ (2) กลุ่มควบคุม เป็นกลุ่มที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป มีการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้หลังทดลอง รูปแบบการวิจัยแสดงดังภาพที่ 5

| | |
|---|---|
| กลุ่มทดลอง | X ---------- O |
| กลุ่มควบคุม | ~X ---------- O |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาพที่ 5** รูปแบบการวิจัยแบบ Two group posttest design

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม

~X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

O หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังทดลองประกอบด้วย (1) ความสามารถในการคิดเชิงระบบ และ (2) ความคงทนในการเรียนรู้

**2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย**

**ประชากร**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

**กลุ่มตัวอย่าง**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน การเลือกกลุ่มตัวอย่างดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

**2.1 การเลือกโรงเรียน**

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งกลุ่มตัวอย่างของการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่เปิดสอนทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างเพียงพอต่อการทำวิจัย และมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นอกจากนี้ ผู้บริหารของโรงเรียนได้ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัย ตลอดจนได้รับความร่วมมือจากคณาจารย์ในโรงเรียนเป็นอย่างดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**2.2 การเลือกห้องเรียนกลุ่มตัวอย่าง**

ผู้วิจัยเลือกห้องเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์จำนวน 4 ห้องเรียน และเลือกกลุ่มตัวอย่างที่มีความเท่าเทียมกัน โดยพิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียน มีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

2.2.1 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของนักเรียนทั้ง 4 ห้อง มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบเอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) พบว่า มีอย่างน้อย 2 ห้อง (1 คู่) ที่มีค่าเฉลี่ย

แตกต่างกัน จากนั้นทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยภายหลัง (Post-hoc test) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยรายคู่ (Pairwise Comparisons) การวิเคราะห์รายคู่ของแต่ละห้องเรียน แสดงดังตารางที่ 5

**ตารางที่ 5** ผลการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1-5/4

| ห้อง | คะแนนเฉลี่ย | S.D. | ผลการวิเคราะห์รายคู่ | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 5/1 | 5/2 | 5/3 | 5/4 |
| 5/1 | 76.5 | 6.73 | - | 1.00 | .01* | .11 |
| 5/2 | 76.1 | 7.01 | - | - | .02* | .17 |
| 5/3 | 73.0 | 6.10 | - | - | - | 1.00 |
| 5/4 | 73.0 | 7.34 | - | - | - | - |

*$p < .05$

2.2.2 จากผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 5 พบว่า ห้องเรียนที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีจำนวน 4 คู่ ได้แก่

คู่ที่ 1 ห้อง 5/1 กับ 5/2 คู่ที่ 2 ห้อง 5/1 กับ 5/4

คู่ที่ 3 ห้อง 5/2 กับ 5/4 คู่ที่ 4 ห้อง 5/3 กับ 5/4

จากคู่ห้องเรียน 4 คู่ข้างต้น ทางโรงเรียนอนุญาตให้ใช้ห้องเรียนคู่ที่ 1 คือ ห้อง 5/1 กับ 5/2 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

2.2.3 กำหนดห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ด้วยวิธีการจับสลาก ผลปรากฏว่าได้ห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 มีนักเรียนจำนวน 32 คน เป็นกลุ่มทดลอง และห้องเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 มีนักเรียนจำนวน 28 คน เป็นกลุ่มควบคุม

**3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย**

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

3.2.1 แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

3.2.2 แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

รายละเอียดของขั้นตอนการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย มีดังนี้

**3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองในการวิจัยนี้ ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม และ (2) แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป มีขั้นตอนในการพัฒนาดังต่อไปนี้

3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม

1) ศึกษาและวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบตามแนวคิดของ Raved & Yarden (2014) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 6 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อสืบค้นความรู้เดิม (2) เพื่อทำความรู้จักแนวคิดเกี่ยวกับระบบ (3) เพื่อสร้างแรงจูงใจ (4) เพื่อพัฒนาความสามารถในการบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (5) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์องค์ประกอบระดับย่อย (6) เพื่อพัฒนาความสามารถในการวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ และทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของกิจกรรมการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับรูปแบบผสานรวมตามวิธีการจัดการเรียนรู้ของ Verhoeff, Waarlo & Boersma (2008), และ Hmelo, Holton, & Kolodner (2000) เพื่อนำมาประมวลและสรุปเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมได้เป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ (1) สืบค้นความรู้เดิม (2) ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ (3) สร้างแรงจูงใจ (4) บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (5) วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ และ (6) วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรชีววิทยาของโรงเรียน และแบบเรียนชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่โรงเรียนใช้จัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 เพื่อกำหนดเนื้อหาสำหรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ ได้หัวข้อที่ใช้จัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ จำนวน 7 หัวข้อ 7 แผนการเรียนรู้ รวม 15 คาบเรียน แสดงดังตารางที่ 6

**ตารางที่ 6** จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนในแต่ละหัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556)

| แผนลำดับที่ | หัวข้อที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ | จำนวนคาบ |
|---|---|---|
| 1 | ความสำคัญ ความหมาย และประเภทของต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน | 2 |
| 2 | ต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง | 4 |
| 3 | ต่อมไพเนียล | 1.5 |
| 4 | ต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน | 2 |
| 5 | ต่อมไทมัส | 1.5 |
| 6 | การรักษาสมดุลของฮอร์โมนด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ | 2 |
| 7 | ความซับซ้อนของระบบต่อมไร้ท่อ | 2 |
| | **รวม** | 15 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) จัดทำรายละเอียดของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ และวิเคราะห์ลักษณะผลงานของนักเรียนที่สะท้อนถึงการคิดเชิงระบบในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีผลงานของนักเรียนรายบุคคล จำนวน 4 งาน คือ (1) แผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม (2) แผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ในขั้นสร้างแรงจูงใจ (3) ข้อความบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ และ (4) แผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ในขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ (แสดงดังตารางที่ 18 ในภาคผนวก ค)

3.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

1) ศึกษาขั้นตอนและวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาทักษะในการแสวงหาความรู้หรือคำตอบที่ต้องการด้วยกระบวนการสืบสอบ และศึกษาการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ออกเป็น 3

ขั้นตอน คือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นกิจกรรม และขั้นสรุป เพื่อนำมาสร้างกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่สอดคล้องกับแผนการจัดการเรียนรู้ของกลุ่มทดลอง (แสดงดังตารางที่ 19 ในภาคผนวก ค)

2) ดำเนินการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป ที่เป็นแผนรายคาบตามเนื้อหา ลักษณะกิจกรรม และจำนวนคาบที่กำหนดไว้

3.1.3 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทดลอง มีกระบวนการในการดำเนินการ ดังนี้

1) นำแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมและแบบทั่วไป ที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นทำการปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

2) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในการตรวจเครื่องมือวิจัย จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการศึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ และครูในสถานศึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ เช่นเดียวกับการตรวจพิจารณาของอาจารย์ที่ปรึกษา ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สรุปได้ดังประเด็นต่อไปนี้

2.1) การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้เพิ่มด้านการบอกความหมายและการยกตัวอย่างต่อมไร้ท่อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2) การเขียนสาระการเรียนรู้ ให้เขียนอย่างกระชับ ไม่บรรยายรายละเอียดมากเกินไป ตัดคำฟุ่มเฟือยที่ไม่จำเป็นออก และใส่วงเล็บระบุลำดับของภาพในท้ายของข้อความที่มีภาพอธิบาย

2.3) การกำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้กระชับเวลาของกิจกรรมและคำถามให้น้อยลง เนื่องจากมีกิจกรรมมากและมีคำถามทุกขั้นของการเรียนรู้ ควรใช้เฉพาะคำถามที่สำคัญและนำไปสู่การสร้างความรู้ของนักเรียน

2.4) ปรับกิจกรรมในแต่ละขั้นให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และให้เหมาะสมกับเวลา ได้แก่ ขั้นสร้างแรงจูงใจ หลังจากที่ให้นักเรียนศึกษาวีดิทัศน์ ครูควรอธิบายเพิ่มเติมเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ขั้นต่อไป ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ หัวข้อที่ให้นักเรียนอภิปรายในกิจกรรมกลุ่ม

ควรเรียงลำดับ คือ โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ และแนะนำให้ใช้การแข่งขันตอบคำถามสลับกับการถาม-ตอบ แบบธรรมดา เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย และเมื่อนักเรียนสรุปความรู้จากกิจกรรมการอภิปรายกลุ่มย่อยแล้ว ครูจึงสรุปแนวคิดสำคัญของแต่ละต่อมให้อีกครั้ง

2.5) เว็บไซต์ที่ครูแนะนำเป็นแหล่งสืบค้น ควรใช้เว็บไซต์ภาษาไทยเป็นหลัก เพราะนักเรียนอาจไม่เข้าใจภาษาอังกฤษ จะทำให้กิจกรรมนี้ไม่บรรลุผลตามที่คาดหวังไว้

2.6) ให้ระมัดระวังการเชื่อมโยงและลำดับความคิดของขั้นวิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ ไปยังขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบให้ดี โดยให้นักเรียนค่อย ๆ ทำความเข้าใจทีละประเด็นอย่างช้า ๆ เพราะนักเรียนอาจเกิดอ่อนล้าจากกิจกรรมที่อัดแน่นมาก่อนขั้นนี้

3) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองกับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่เรียนโรงเรียนเดียวกันกับกลุ่มตัวอย่าง มีข้อสังเกตจากการทดลองใช้ซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ดังนี้

4.1) ด้านเวลาการจัดการเรียนรู้ มีข้อสังเกตคือ ใช้เวลาในการดำเนินการเรียนรู้ในขั้นที่ 4 และขั้นที่ 6 มากกว่าที่กำหนดไว้ในแผน เนื่องจากนักเรียนใช้เวลาในการอภิปรายกลุ่มและสร้างแผนผังมโนทัศน์ ตลอดจนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้นานเกินกว่าที่คาดการณ์ไว้ แนวทางแก้ไขในการจัดการเรียนรู้จริง คือ (1) แจ้งเวลาของกิจกรรมแต่ละขั้นให้นักเรียนทราบ และย้ำอีกครั้งเมื่อเวลาใกล้หมด เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมได้ทัน (2) อธิบายวิธีเขียนแผนผังให้นักเรียนเข้าใจตั้งแต่การเขียนครั้งแรก และฉายแผนผังที่ถูกต้องให้นักเรียนศึกษาเป็นตัวอย่างก่อน ส่วนในครั้งต่อไปให้นักเรียนเขียนด้วยตนเอง จะทำให้นักเรียนเข้าใจจุดประสงค์ของแผนผังและใช้เวลาน้อยลง

4.2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ มีข้อสังเกตคือ นักเรียนไม่มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูลกันในการทำงานกลุ่มของขั้นที่ 3 และขั้นที่ 4 ซึ่งส่งผลต่อการสรุปความเข้าใจร่วมกัน แนวทางแก้ไขคือ ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันโดยการใช้คำถามหรือชี้แนะแนวทางในการหาคำตอบเพื่อสรุปความรู้ร่วมกัน

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

### 3.2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.2.1 แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบในงานวิจัยนี้ ใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ในการตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังจากเรียนรู้ครบ 15 คาบตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ซึ่งมีขั้นตอนการสร้างและตรวจคุณภาพเครื่องมือดังนี้

1) ศึกษาวิธีการตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบในด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนและประเมินแผนผังมโนทัศน์ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียน โดยอิงแนวคิดการวัดและประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของ Raved & Yarden (2014: 5) และการประเมินผังมโนทัศน์ตามแนวคิด Novak & Govin (1984) จากนั้นจึงสร้างเกณฑ์สำหรับระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ลักษณะบ่งชี้เพื่อเป็นแนวทางการประเมินแผนผังมโนทัศน์ ดังตารางที่ 7

**ตารางที่ 7** เกณฑ์ในการระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบจากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ (Raved & Yarden, 2014, Novak & Govin, 1984)

| ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ | เกณฑ์ในการระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่มีความสามารถ | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง |
| 1. การระบุองค์ประกอบในระบบ | ไม่ระบุองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้อง | - ระบุองค์ประกอบต่ำกว่าร้อยละ 75<br>- องค์ประกอบปรากฏอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน | - ระบุองค์ประกอบได้ร้อยละ 75 ขึ้นไป<br>- มีองค์ประกอบทั้งในระดับชั้นเดียวกันและคนละระดับชั้น |
| 2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ | ไม่วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์พื้นฐานหรือวาดไม่ถูกต้อง | - วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์พื้นฐานต่ำกว่าร้อยละ 75<br>- มีการเชื่อมโยงองค์ประกอบในระดับชั้นเดียวกัน | - วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์พื้นฐานได้ร้อยละ 75 ขึ้นไป<br>- มีการเชื่อมโยงองค์ประกอบที่อยู่คนละระดับชั้น |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| ลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบ | เกณฑ์ในการระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่มีความสามารถ | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง |
| 3. การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบในระบบ | ไม่วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัต หรือวาดไม่ถูกต้อง | - วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัต ต่ำกว่าร้อยละ 75<br>- มีการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบในระดับชั้นเดียวกัน | - วาดเส้นแสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัตได้ร้อยละ 75 ขึ้นไป<br>- มีการเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบคนที่อยู่ละระดับชั้น |
| 4. การแสดงกรอบปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบ | ไม่มีกรอบปฏิสัมพันธ์ | มีกรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรงหรือแบบแตกกิ่ง | มีกรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่หรือแบบเครือข่าย |

2) ศึกษาตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ซึ่งเป็นผลงานของนักเรียนในการตรวจประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และศึกษาเนื้อหาในแบบเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ เพื่อนำมาออกแบบสร้างแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ (แสดงดังภาพที่ 6 ในภาคผนวก ข)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) นำเกณฑ์ในการระบุระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ลักษณะบ่งชี้จากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ (ตารางที่ 7) มาพิจารณาร่วมกับแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบเพื่อสร้างแบบประเมินการคิดเชิงระบบ สำหรับเป็นเครื่องมือในการตรวจให้คะแนน แผนผังมโนทัศน์ที่เป็นผลงานนักเรียน (รายละเอียดการตรวจให้คะแนนอธิบายในภาคผนวก ข)

4) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอกับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบกับคำอธิบายระดับความสามารถของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน และความถูกต้องครบถ้วนของแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

5) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบเช่นเดียวกับอาจารย์ที่ปรึกษา จากนั้นพิจารณาผลการ

ตรวจสอบโดยมีเกณฑ์การยอมรับค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli & Hambleton, 1997 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) ผลการพิจาณาปรากฏว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบกับคำอธิบายระดับความสามารถของเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินเป็นรายข้อ (IOC) อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 นอกจากนี้ได้ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในประเด็นต่อไปนี้

5.1) ด้านการระบุองค์ประกอบของระบบต่อมไร้ท่อ ไม่ต้องระบุกระเพาะและสำไส้เล็กไม่ต้องระบุปัจจัยภายนอก และใช้คำว่า รังไข่และอัณฑะ แทนคำว่า อวัยวะเพศ

5.2) ด้านการระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบ หากเป็นความสัมพันธ์ระดับเดียวกันควรใช้เส้นแสดงความสัมพันธ์ที่เหมือนกันทุกเส้น และคำที่ระบุความสัมพันธ์ต้องชัดเจนและกระชับ

5.3) ด้านการแสดงปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบ ควรให้นักเรียนแยกองค์ประกอบแต่ละระดับโดยใช้สีที่ต่างกัน นอกจากนี้การสร้างแผนผังมโนทัศน์ควรสร้างเป็นแนวตั้งและสร้างให้เป็นขั้น ๆ เพื่อให้ง่ายต่อการแยกระดับองค์ประกอบและอย่าให้มีเส้นตัดกันมากเกินไป

6) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วมาทดลองประเมินเพื่อหาค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-Rater Reliability) คือ ระหว่างผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์ที่มีตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ มีประสบการณ์ในการสอนเนื้อหาด้านสรีรวิทยาของมนุษย์ และเป็นคณะกรรมการในการจัดทำแบบเรียนชีววิทยาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การหาค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน ดำเนินการโดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น จำนวน 3 แผนผัง แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater agreement index: RAI) หากมีค่าระหว่าง 0.70 – 1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ประเมินในระดับสูง ผลการวิเคราะห์ปรากฏว่ามีดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.93 ซึ่งแสดงว่าผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันในการตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

7) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบดังกล่าวไปใช้ในการตรวจผลงานแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

### 3.2.2 เครื่องมือวัดความคงทนในการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้วัดความคงทนในการเรียนรู้ คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เป็นข้อสอบแบบปรนัยมี 4 ตัวเลือก มีขั้นตอนในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิธีการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) กำหนดพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด โดยการวิจัยครั้งนี้ได้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน 4 ด้านตามแนวคิดของ Klopfer (1971) คือ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้ไปใช้

3) ศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ จากหนังสือตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 เพื่อกำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดให้ครอบคลุมองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากนั้นกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อ ตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน แสดงดังตารางที่ 8

**ตารางที่ 8** สัดส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดและน้ำหนักของหัวข้อสาระการเรียนรู้ที่ทำการวัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

| หัวข้อของสาระการเรียนรู้ | จำนวนข้อและสัดส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด | | | | รวม (ข้อ) | น้ำหนัก (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความจำ (30) | ความเข้าใจ (30) | กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (10) | การนำความรู้ไปใช้ (30) | | |
| **1. การศึกษาต่อมไร้ท่อ** | | | | | | |
| 1) ความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ | | 1 | | | 3 | 10 |
| 2) ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกาย | 1 | | | | | |

| หัวข้อของสาระการเรียนรู้ | จำนวนข้อและสัดส่วนของพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด | | | | รวม (ข้อ) | น้ำหนัก (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ความจำ (30) | ความเข้าใจ (30) | กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (10) | การนำความรู้ไปใช้ (30) | | |
| 3) การจำแนกประเภทของฮอร์โมน | | | 1 | | | |
| **2. การทำงานของต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน** | | | | | | |
| 1) ไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมอง | 2 | 1 | | 2 | | |
| 2) ต่อมไพเนียล | 1 | 1 | | | | |
| 3) ต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์ | 1 | 1 | | 2 | 24 | 80 |
| 4) ต่อมหมวกไต | 1 | 1 | | 1 | | |
| 5) ต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| 6) ต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ | 1 | 2 | 1 | 2 | | |
| **3. การรักษาสมดุลของฮอร์โมนด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ** | | | | | | |
| 1) ความหมายของการควบคุมแบบป้อนกลับ | 1 | | | | 3 | 10 |
| 2) กลไกของการควบคุมแบบป้อนกลับ | | 1 | | 1 | | |
| **รวม (ข้อ)** | 9 | 9 | 3 | 9 | 30 | 100 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) ดำเนินการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 30 ข้อ เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก เกณฑ์การให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน

5) กำหนดช่วงคะแนนและการแปลผลคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยใช้เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2554: 22) ดังแสดงในตารางที่ 9

**ตารางที่ 9** เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2554:22)

| ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ | ระดับความสามารถ |
|---|---|
| 80-100 | ดีเยี่ยม |
| 75-79 | ดีมาก |
| 70-74 | ดี |
| 65-69 | ค่อนข้างดี |
| 60-64 | ปานกลาง |
| 55-59 | พอใช้ |
| 50-54 | ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ |
| 0-49 | ต่ำกว่าเกณฑ์ |

6) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมและความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้กับจุดประสงค์การเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อ รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

7) นำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ และครูในสถานศึกษา ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของตัวเลือกและตัวลวง ตลอดจนความถูกต้องของภาษา จากนั้นพิจารณาข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli & Hambleton, 1997 อ้างถึงใน ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) ซึ่งผลการตรวจสอบ ปรากฏว่า ข้อสอบทั้ง 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 ทุกข้อ นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขแบบสอบ ดังนี้

7.1) พิจารณาการออกข้อสอบให้ครอบคลุมในทุกหัวข้อของสาระการเรียนรู้

7.2) ปรับข้อคำถามหรือโจทย์ให้สั้นและกระชับ ตลอดจนใช้รูปภาพของโมเลกุลฮอร์โมนแทนการระบุชื่อฮอร์โมนในโจทย์ที่ต้องการวัดพฤติกรรมระดับความเข้าใจ

7.3) ปรับตัวลวงไม่ให้คลุมเครือและไม่ให้ง่ายจนเกินไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

8) ปรับปรุงแก้ไขแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แล้ว

9) นำแบบสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร จำนวน 40 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่างและเคยผ่านการเรียนรู้เนื้อหาเรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อมาแล้ว จากนั้นนำผลการทดสอบมาตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการวิเคราะห์หาค่าระดับความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) โดยกำหนดเกณฑ์พิจารณาระดับค่าความยากระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (Elbel, 1986: 399) และทำการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงของข้อสอบทั้งฉบับ จากการคำนวณด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา ($\alpha$-coefficient) ของคอนบาร์ค ผลการตรวจสอบคุณภาพ ปรากฏว่า ข้อสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.80 ยกเว้น ข้อ 17 ซึ่งมีค่าความยาก 0.175 จึงมีการปรับข้อคำถามใหม่ (อธิบายรายละเอียดในข้อจำกัดในการวิจัย) มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 – 0.55 และแบบสอบฉบับนี้มีความเที่ยง 0.77 (รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 20 ในภาคผนวก ง)

9) รายงานผลการตรวจคุณภาพแบบสอบและนำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

**4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล**

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ตามขั้นตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**4.1 ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง**

แนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบผสานรวมให้กับนักเรียนเข้าใจในประเด็นดังต่อไปนี้

1) ลักษณะของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม
2) จุดประสงค์การเรียนรู้
3) บทบาทของนักเรียน
4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

**4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง**

ดำเนินการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมกับกลุ่มทดลอง และใช้แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปกับกลุ่มควบคุม ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการสอนรวม 15 คาบ คาบละ 50 นาที

**4.3 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล**

**4.3.1 การเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงระบบ**

หลังเสร็จสิ้นการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม และการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 2 กลุ่ม โดยให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของการคิดเชิงระบบหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ 1 วัน กำหนดเวลาในการสร้างแผนผัง 2 ชั่วโมง แล้วทำการวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ของผู้เรียน โดยใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

**4.3.2 การเก็บข้อมูลความคงทนในการเรียนรู้**

หลังเสร็จสิ้นการดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม และการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลความคงทนในการเรียนรู้ทั้ง 2 กลุ่ม โดยใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ทำการทดสอบครั้งที่ 1 หลังจากเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ 1 วัน และทำการทดสอบครั้งที่ 2 หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้ว 5 สัปดาห์ ด้วยแบบสอบฉบับเดิม กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเดียวกัน

CHULALONGKORN UNIVERSITY

**5. การวิเคราะห์ข้อมูล**

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ทำการวิเคราะห์โดยใช้สถิติ ดังนี้

**5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลความสามารถในการคิดเชิงระบบ**

1) ทำการตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่มเป็นรายบุคคลด้วยแบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ในลักษณะบ่งชี้ของการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ด้าน

3) เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยจากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยสถิติทดสอบทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

**5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลความคงทนในการเรียนรู้**

1) หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ที่ทำการทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ นำผลการวิเคราะห์ดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา, 2554: 22)

2) วิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนภายในกลุ่มเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม โดยวิเคราะห์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยเลขคณิตของคะแนนแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ใช้ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และใช้ทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ โดยการทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระต่อกัน (paired-sample t-test) กำหนดนัยสำคัญที่ระดับ .05

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้

**1. ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบ**

การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นการวิเคราะห์คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการประเมินแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ทำการตรวจและให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบ ซึ่งแบ่งความสามารถในการคิดเชิงระบบออกเป็น 3 ระดับ คือ (1) ไม่มีความสามารถ (2) มีความสามารถในระดับพื้นฐาน และ (3) มีความสามารถในระดับสูง โดยปรับจากแนวคิดของ Raved & Yarden (2014) และ Novak & Gowin (1984) ดังนี้

1.1 วิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 10** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ( $\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบและระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32)

| ลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดชิงระบบ | คะแนนเต็ม | ค่าสถิติ | | | ระดับของความสามารถ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\bar{X}$ | $\bar{X}_{ร้อยละ}$ | S.D. | |
| 1. ระบุองค์ประกอบของระบบ | 28 | 20.03 | 75.11 | 4.88 | สูง |
| 2. ระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน | 18 | 9.44 | 52.44 | 4.90 | พื้นฐาน |
| 3. ระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต | 6 | 3.47 | 57.83 | 2.21 | พื้นฐาน |
| 4. สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ | 4 | 2.72 | 68.00 | 1.25 | พื้นฐาน |
| **รวม** | **56** | **35.66** | **63.67** | **3.31** | **พื้นฐาน** |

จากตารางที่ 10 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงระบบโดยเฉลี่ยทุกด้านในระดับพื้นฐาน และเมื่อพิจารณาลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน พบว่ามีความสามารถในระดับสูง 1 ด้าน คือ การระบุองค์ประกอบของระบบ และมีความสามารถในระดับพื้นฐาน 3 ด้าน คือ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต และการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์

1.2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

**ตารางที่ 11** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32) และกลุ่มควบคุม (n = 28)

| ลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบ | ค่าสถิติ | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | กลุ่มทดลอง | | | กลุ่มควบคุม | | | *t* | Sig* |
| | $\bar{x}$ | $\bar{x}_{ร้อยละ}$ | S.D. | $\bar{x}$ | $\bar{x}_{ร้อยละ}$ | S.D. | | |
| 1. การระบุองค์ประกอบของระบบ | 20.03 | 75.11 | 4.88 | 14.21 | 50.75 | 6.36 | 4.00 | .00* |
| 2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน | 9.44 | 52.44 | 4.90 | 6.54 | 36.33 | 3.36 | 2.70 | .01* |
| 3. การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต | 3.47 | 57.83 | 2.21 | 2.21 | 36.83 | 1.85 | 2.39 | .02* |
| 4. การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ | 2.72 | 68.00 | 1.25 | 1.43 | 35.35 | 1.37 | 3.81 | .00* |
| **รวม** | **35.66** | **63.67** | **12.25** | **24.39** | **43.55** | **11.92** | **3.60** | **.00*** |

*$p < .05$

จากตารางที่ 11 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบหลังเรียนเท่ากับ 35.66 ซึ่งสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 24.39 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อพิจารณาลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ด้าน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยแผนผังมโนทัศน์ในแต่ละลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทุกด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.3 เปรียบเทียบจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบระดับต่าง ๆ ทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

**ตารางที่ 12** จำนวนนักเรียนกลุ่มทดลอง (n = 32) และกลุ่มควบคุม (n = 28) ที่ถูกประเมินให้อยู่ในระดับต่าง ๆ ของลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบ

| ลักษณะบ่งชี้ของความสามารถในการคิดเชิงระบบ | จำนวนนักเรียน | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | กลุ่มทดลอง | | | กลุ่มควบคุม | | |
| | ไม่มีความสามารถ | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง | ไม่มีความสามารถ | ระดับพื้นฐาน | ระดับสูง |
| 1. การระบุองค์ประกอบของระบบ | 0 | 2 | 30 | 0 | 13 | 15 |
| 2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน | 1 | 19 | 12 | 7 | 18 | 3 |
| 3. การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต | 9 | 9 | 14 | 14 | 11 | 3 |
| 4. การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ | 3 | 15 | 14 | 8 | 15 | 5 |

จากตารางที่ 12 เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบของแต่ละลักษณะบ่งชี้ พบว่า ด้านการระบุองค์ประกอบของระบบ ทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่มีนักเรียนในระดับที่ไม่มีความสามารถ และมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับสูงมากกว่าระดับพื้นฐาน ด้านระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน พบว่า ทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับพื้นฐานมากกว่าระดับสูง ด้านระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบมากกว่านักเรียนที่ไม่มีความสามารถ และมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับสูงมากกว่าระดับพื้นฐาน ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีจำนวนนักเรียนที่ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบมากกว่านักเรียนที่มีความสามารถ และด้านการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับพื้นฐานและระดับสูงใกล้เคียงกัน ส่วนกลุ่มควบคุม มีจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในระดับพื้นฐานมากกว่าระดับสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**2. ผลการวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้**

การวิเคราะห์ความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาเป็นการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมที่ได้จากการทำแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ทดสอบหลังทดลองผ่านไป 1 วัน และครั้งที่ 2 ทดสอบหลังทดลองผ่านไป 5 สัปดาห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระหว่างการทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และการทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์

**ตารางที่ 13** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32)

| การทดสอบ | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| ของกลุ่มทดลอง | $\bar{X}$ | S.D. | *t* | Sig* |
| หลังทดลอง 1 วัน | 21.03 | 2.71 | 1.94 | 0.06 |
| หลังทดลอง 5 สัปดาห์ | 20.56 | 3.07 | | |

*$p < .05$

ตารางที่ 13 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบผสานรวมไม่แตกต่างกัน แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 14** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีแบบอิสระต่อกัน (independent-sample t-test) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ของนักเรียนกลุ่มควบคุม (n=28)

| การทดสอบ | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|
| ของกลุ่มควบคุม | $\bar{X}$ | S.D. | *t* | Sig* |
| หลังทดลอง 1 วัน | 21.29 | 3.20 | 6.89 | 0.00* |
| หลังทดลอง 5 สัปดาห์ | 18.14 | 3.19 | | |

*$p < .05$

ตารางที่ 14 พบว่า คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีความคงทนในการเรียนรู้

2.2 วิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยากับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**ตารางที่ 15** ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$ ) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและระดับของความสามารถทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32) และกลุ่มควบคุม (n=28)

| กลุ่มตัวอย่าง | คะแนนเต็ม | ค่าสถิติ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน | | | ทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ | | |
| | | $\bar{X}$ | $\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$ | ระดับ | $\bar{X}$ | $\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$ | ระดับ |
| กลุ่มทดลอง | 30 | 21.03 | 70.10 | ดี | 20.56 | 68.53 | ค่อนข้างดี |
| กลุ่มควบคุม | 30 | 21.29 | 70.63 | ดี | 18.14 | 60.47 | ปานกลาง |

ตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาจากการทดสอบหลังทดลอง 1 วัน เท่ากับ 21.03 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.10 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.29 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 70.63 และเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2554:22) พบว่าทั้งนักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับดี

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังทดลอง 5 สัปดาห์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม ได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 20.56 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 68.53 ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปได้คะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 18.14 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 60.47 และเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2554: 22)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับค่อนข้างดี ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง

**ตารางที่ 16** ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{x}$ ร้อยละ ) และระดับของความสามารถเมื่อเทียบกับเกณฑ์ ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาแยกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้ง 4 ด้าน ระหว่างทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และหลังทดลอง 5 สัปดาห์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง (n=32) และกลุ่มควบคุม (n=28)

| กลุ่มตัวอย่าง | พฤติกรรมการเรียนรู้ (คะแนนเต็ม) | ค่าสถิติ | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | หลังทดลอง 1 วัน | | หลังทดลอง 5 สัปดาห์ | |
| | | $\bar{x}$ ร้อยละ | ระดับ | $\bar{x}$ ร้อยละ | ระดับ |
| กลุ่มทดลอง | ความจำ (9) | 82.67 | ดีเยี่ยม | 80.22 | ดีเยี่ยม |
| | ความเข้าใจ (9) | 74.67 | ดี | 73.67 | ดี |
| | กระบวนการทาง-วิทยาศาสตร์ (3) | 41.67 | ต่ำกว่าเกณฑ์ | 32.3 | ต่ำกว่าเกณฑ์ |
| | การนำไปใช้ (9) | 63.56 | ปานกลาง | 62.22 | ปานกลาง |
| กลุ่มควบคุม | ความจำ (9) | 86.11 | ดีเยี่ยม | 76.22 | ดีมาก |
| | ความเข้าใจ (9) | 73.77 | ดี | 65.44 | ค่อนข้างดี |
| | กระบวนการทาง-วิทยาศาสตร์ (3) | 46.33 | ต่ำกว่าเกณฑ์ | 37.00 | ต่ำกว่าเกณฑ์ |
| | การนำไปใช้ (9) | 61.89 | ปานกลาง | 48.00 | ต่ำกว่าเกณฑ์ |

จากตารางที่ 16 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยและคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน แยกเป็นรายพฤติกรรมการเรียนรู้ ไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของสำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2554: 22) พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาทั้ง 4 พฤติกรรมอยู่ในเกณฑ์ของความสามารถระดับเดียวกันทั้ง 2 กลุ่ม กล่าวคือ มีพฤติกรรมด้านความจำอยู่ในระดับดีเยี่ยม ด้านความเข้าใจอยู่ในระดับดี ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ และด้านการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยและคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองยังคงมีความสามารถในการเรียนรู้ชีววิทยาอยู่ในระดับเดิมทั้ง 4 พฤติกรรม กล่าวคือ ด้านความจำอยู่ในระดับดีเยี่ยม ด้านความเข้าใจอยู่ในระดับดี ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ และด้านการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมมีความสามารถในการเรียนรู้ชีววิทยาอยู่ในระดับต่ำกว่าเดิม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3 พฤติกรรม คือ ด้านความจำจากระดับดีเยี่ยมมาเป็นระดับดีมาก ด้านความเข้าใจจากระดับดีมาเป็นระดับค่อนข้างดี ด้านการนำความรู้ไปใช้จากระดับปานกลางมาเป็นระดับต่ำกว่าเกณฑ์ และมี 1 พฤติกรรมที่อยู่ในระดับเดิม คือ ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# บทที่ 5
# สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลองที่มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน คือ นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมจำนวน 32 คน และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปจำนวน 28 คน ระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม เท่ากัน คือ 15 คาบเรียน มีการเก็บรวมรวมข้อมูล ดังนี้ (1) ความสามารถในการคิดเชิงระบบ ใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบในการตรวจให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคลหลังเสร็จสิ้นการทดลอง (2) ความคงทนในการเรียนรู้ ใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยทำการวัด 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 วัดหลังทดลอง 1 วัน และครั้งที่ 2 วัดหลังทดลอง 5 สัปดาห์ จากนั้นนำคะแนนแผนผังมโนทัศน์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ได้ มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบที (t-test)

## สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐาน ซึ่งเมื่อพิจารณาแต่ละลักษณะบ่งชี้แล้วพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูง 1 ด้าน คือ ด้านการระบุองค์ประกอบของระบบ และระดับพื้นฐาน 3 ด้าน คือ ด้านการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน ด้านการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต และด้านการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบ

2. นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีคะแนนเฉลี่ยแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบหลังเรียนทั้ง 4 ด้าน สูงกว่านักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมมีความคงทนในการเรียนรู้ ส่วนนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไปไม่มีความคงทนในการเรียนรู้

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมช่วยส่งเสริมความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียน การอภิปรายผลการวิจัยในครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ประเด็น คือ ความสามารถในการคิดเชิงระบบ และความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งได้อภิปรายตามลำดับ ดังต่อไปนี้

**1. ผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบ**

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐาน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาลักษณะบ่งชี้แต่ละด้านแล้วพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูง 1 ด้าน คือ ด้านการระบุองค์ประกอบของระบบ และระดับพื้นฐาน 3 ด้าน คือ ด้านการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน ด้านการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต และด้านการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ขององค์ประกอบ การที่นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยเฉพาะความสามารถในการระบุองค์ประกอบของระบบ ที่อยู่ในระดับสูง อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ

ประการแรก ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ กิจกรรมในขั้นนี้ส่งเสริมการวิเคราะห์องค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ กระบวนเรียนรู้ในขั้นนี้เน้นการสืบค้นข้อมูลและการอภิปรายร่วมกันเป็นกลุ่ม ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกัน เกิดกระบวนการวิเคราะห์ ให้เหตุผล และสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม จนกระทั่งนำมาสู่ข้อสรุปองค์ประกอบในระบบที่ศึกษา จึงเป็นจุดเริ่มต้นในการช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการระบุองค์ประกอบของระบบ และเมื่อนักเรียนได้เขียนบรรยายความสัมพันธ์ของโครงสร้างและกระบวนการในระบบด้วยตัวของนักเรียนเอง จึงทำให้นักเรียนเกิดสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ สามารถระบุได้ทั้งความสัมพันธ์พื้นฐานและความสัมพันธ์เชิงพลวัต ซึ่งความสามารถดังกล่าวเป็นลักษณะบ่งชี้ของผู้ที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Verhoeff, Waarlo & Boersma, (2008) ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่เรียนชีววิทยาโดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและพิจารณาถึงองค์ประกอบระดับย่อย มีความสามารถในการเข้าใจมโนทัศน์ของระบบชีววิทยาที่ซับซ้อนและปรากฏความสามารถในการคิดเชิงระบบ นอกจากนี้ พบว่านักเรียนมีความสามารถของลักษณะบ่งชี้ด้านระบุองค์ประกอบของระบบอยู่ในระดับสูง ในขณะที่ลักษณะบ่งชี้ด้านอื่น ได้แก่ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต และการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับพื้นฐาน ซึ่งเป็นไปได้ว่า ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ทั้งพื้นฐานและเชิงพลวัต และการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ ต้องอาศัยกระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้นในการ

เชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องกัน ดังนั้นการที่นักเรียนจะพัฒนาลักษณะบ่งชี้ด้านดังกล่าวให้เกิดความสามารถในระดับสูงนั้น จะต้องมีความสามารถในลักษณะบ่งชี้ด้านพื้นฐานมาก่อน แล้วจึงพัฒนาต่อยอดในลักษณะบ่งชี้ด้านที่ซับซ้อนขึ้น ประกอบกับจะต้องใช้ความพยายามและระยะเวลาในการทำความเข้าใจความสัมพันธ์ขององค์ประกอบจนสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ขึ้นได้ สอดคล้องกับคำอธิบายของแบบจำลองลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ (Assaraf & Orion, 2010: 36) ที่กล่าวไว้ว่า การพัฒนาการคิดเชิงระบบจะต้องพัฒนาจากขั้นพื้นฐาน คือ การระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์พื้นฐานก่อน จึงจะสามารถพัฒนาความสามารถในขั้นที่มีความซับซ้อนมากกว่าขึ้นมาได้

ประการที่สอง การสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ช่วยให้สามารถเชื่อมโยงองค์ประกอบที่อยู่คนละระดับชั้น แผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้เป็นแผนผังรูปแบบเฉพาะวัตถุประสงค์ของการสร้างผังเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ โดยนักเรียนได้สร้างแผนผังนี้ 2 ครั้ง คือ ในขั้นทำความเข้าใจแนวคิดเชิงระบบและขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ ซึ่งการสร้างแผนผังใน 2 ขั้นนี้มีจุดมุ่งหมายที่ต่างกัน กล่าวคือ การสร้างแผนผังในขั้นทำความเข้าใจแนวคิดเชิงระบบมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจความเป็นระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ ส่วนขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ มีจุดมุ่งหมายให้วิเคราะห์องค์ประกอบในระดับที่ต่างกัน แล้วเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบที่อยู่คนละระดับ ดังนั้นการที่นักเรียนได้ฝึกฝนในการสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้จาก 2 ขั้นตอนนี้ จึงเป็นการนำทางให้นักเรียนค่อย ๆ เกิดกระบวนการวิเคราะห์ระบบ จากหน่วยใหญ่หรือภาพรวมของระบบไปสู่หน่วยย่อยของระบบ นำมาสู่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการที่อยู่คนละระดับ จนสามารถผนวกความสัมพันธ์ของทุกองค์ประกอบ ทุกกระบวนการ และทุกระดับให้เข้ามาอยู่ในกรอบของระบบเดียวกันได้ สอดคล้องกับแนวคิดของ Lanzing (1997) ที่ได้กล่าวถึงผลของการให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์สำหรับจัดระบบความรู้ว่าสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนสามารถสร้างระบบความคิดของตนเองและผสานรวมข้อมูลที่มีความซับซ้อนและมีการกระจัดกระจายให้เชื่อมโยงเป็นมโนทัศน์ที่มีความสัมพันธ์กันได้

จากเหตุผล 2 ประการข้างต้น ทำให้เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป จึงพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ด้านสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

**2. ผลของการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อความคงทนในการเรียนรู้**

ผลการวิจัยสรุปว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน กับทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ทดสอบหลังทดลอง 1 วัน กับทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้ ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านความจำของนักเรียนกลุ่มทดลองอยู่ในระดับดีเยี่ยมทั้งจากการทดสอบหลังทดลอง 1 วัน และทดสอบหลังทดลอง 5 สัปดาห์ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบผสานรวมที่สนับสนุนให้เกิดความคงทนของเนื้อหา ดังนั้นการที่นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมมีความคงทนในการเรียนรู้ อาจเนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ของรูปแบบผสานรวม ซึ่งสามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

ประการที่หนึ่ง ขั้นทบทวนความรู้เดิม ในขั้นนี้มีกระบวนการให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว โดยครูใช้คำถามนำให้นักเรียนได้คิดทบทวน เป็นการกระตุ้นความพร้อมของนักเรียนก่อนที่จะเข้าสู่กิจกรรมที่สำคัญ คือ การสร้างแผนผังมโนทัศน์เพื่อทบทวนความรู้เดิมก่อนการเรียนรู้เนื้อหาใหม่ทุกครั้ง ทำให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ใหม่ให้เข้ากับความรู้เดิมได้ เนื่องจากนักเรียนได้ระลึกถึงความรู้ความเข้าใจในบทเรียนที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วและเป็นพื้นฐานสำคัญของสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ต่อไป จึงส่งผลให้เกิดกระบวนการจำ สอดคล้องกับแนวทางการจัดการเรียนการสอนเพื่อเสริมสร้างความคงทนในการเรียนรู้ของ Ivie (1998: 5-6) ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนต้องมีการจัดมโนทัศน์ให้กับผู้เรียนก่อนที่จะเรียน โดยก่อนที่ครูจะสอนสิ่งใหม่ควรสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจในเรื่องใหม่ที่จะเรียนหรือไม่ ถ้าไม่มีหรือมีไม่พอต้องมีวิธีการให้ได้ระลึกความรู้ก่อน การทำให้ผู้เรียนจำสิ่งที่เรียนโดยการทำให้ผู้เรียนมองเห็นความเหมือนและความแตกต่างของความรู้ใหม่และความรู้เดิม เป็นกระบวนการที่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิมจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้และการจดจำได้ยาวนาน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Myer (1992) ที่ได้อธิบายว่า การทบทวนเป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยให้จำได้ หากมีการทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนแล้ว จะทำให้สามารถเรียนรู้สิ่งใหม่ได้ดี และก่อให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้ระยะยาวได้

ประการที่สอง ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ กิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ขั้นนี้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคงทนของเนื้อหาที่เรียน คือ การเขียนบรรยายความเข้าใจของตนเองในขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและการสรุปจัด

โครงสร้างความรู้ในขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ การที่นักเรียนได้เขียนบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบในระบบด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการคิดในการระลึก ไตร่ตรอง และทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้มาเรียบเรียงเป็นข้อความบรรยายด้วยตัวของนักเรียนเอง จากนั้นเมื่อนักเรียนได้นำองค์ประกอบและกระบวนการที่เรียนรู้ทั้งหมดในคาบเรียนมาจัดหมวดหมู่ โดยแบ่งเป็นระดับต่าง ๆ ตามความสัมพันธ์ ด้วยการสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ จึงเป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการทั้งหมดในระบบ ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ใน 2 ขั้นตอนดังกล่าวทำให้นักเรียนได้ทบทวนเนื้อหาที่ได้เรียนรู้มาในแต่ละคาบเรียน แล้วทำการจัดหมวดหมู่และจัดลำดับของเนื้อหา จึงสอดคล้องกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาให้ผู้เรียนมีความจำในสิ่งที่เรียนได้มากขึ้น ตามแนวคิดของ จิราภา เต็งไตรรัตน์และคณะ (2543) ที่มีวิธีการ คือ จัดกิจกรรมที่ให้นักเรียนมีการทบทวนไตร่ตรองในสิ่งที่เรียนรู้แล้วด้วยตนเอง โดยการเขียนบันทึกแสดงความคิดของตนเองออกมาตามความเข้าใจ ทำให้สิ่งที่ได้เรียนรู้ถูกจัดเก็บเข้าสู่ระบบความจำระยะยาว และต้องมีการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลที่ได้เรียนรู้แล้วมาจัดเข้าเป็นระเบียบแบบแผน และใช้ในกรณีที่ต้องการสร้างความเชื่อมโยงข้อมูลจำนวนมาก เป็นการประหยัดพื้นที่การเก็บข้อมูลในสมอง ตลอดจนช่วยให้สามารถรื้อฟื้น หรือเรียกคืนข้อมูลได้ง่าย อีกทั้งยังเป็นไปตามแนวคิดของ Klausmier (1985: 109) ที่ว่า เมื่อสมองมีประมวลผลและจัดระบบข้อมูลที่ได้รับใหม่จะเกิดการเปลี่ยนรูปข้อมูลเพื่อนำไปเก็บไว้ในความจำระยะยาว ทำให้เกิดความคงทนของการเรียนรู้นั่นเอง

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีกิจกรรมให้นักเรียนได้สืบค้นความรู้เดิม เขียนบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ และการสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการทั้งหมดในระบบ จึงทำให้นักเรียนได้เกิดกระบวนการไตร่ตรอง ทบทวน และจัดระบบข้อมูลที่ได้เรียนรู้ ส่งผลให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้

**ข้อจำกัด**

จากเหตุผลหลายประการดังที่ได้อภิปรายในข้างต้นนั้น ส่งผลให้การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวมเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้มีข้อจำกัด คือ การตรวจคุณภาพของแบบสอบด้วยการวิเคราะห์ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบเป็นรายข้อหลังการทดลองใช้ พบว่า ข้อคำถามข้อที่ 17 มีค่าความยากเท่ากับ 0.175 ซึ่งไม่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ คือ ระหว่าง 0.2 – 0.8 และแปลความหมายได้ว่า ข้อคำถามมีความยากมาก ควรปรับปรุงหรือตัดทิ้ง ผู้วิจัยจึงขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ และได้รับการแนะนำว่าไม่ต้องตัดข้อคำถามทิ้งเนื่องจากมีจำนวนข้อคำถามน้อย อาจส่งผลเสียต่อการวิเคราะห์ข้อมูล แต่ให้คงข้อคำถามไว้ โดยปรับข้อคำถามจากเดิมที่ถามว่า *“นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลอง โดยหยดสารละลายชนิดหนึ่งลงบนผิวของกล้ามเนื้อกบ ปรากฏว่า*

*เกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรง แต่หากฉีดสารละลายชนิดนั้นเข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อ ปรากฏว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จากผลการทดลองที่เกิดขึ้น จะสามารถสรุปการทดลองได้ว่าอย่างไรและสารละนั้นคือสารใด"* ปรับเป็น *"นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลอง โดยหยดสารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินลงบนผิวของกล้ามเนื้อกบ ปรากฏว่าเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรง แต่หากฉีดสารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินเข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อ ปรากฏว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง จากผลการทดลองที่เกิดขึ้น จะสามารถสรุปการทดลองได้ว่าอย่างไร"*

ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ครูสามารถนำไปพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน โดยครูจำเป็นต้องคำนึงถึงรายละเอียดและการเตรียมตัวในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนการสอน ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ครูหรือนักการศึกษาที่สนใจจะนำการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมไปปรับใช้ในห้องเรียน ควรปรับให้เข้ากับบริบทของห้องเรียนและธรรมชาติของเนื้อหารายวิชา โดยพบว่าเนื้อหาชีววิทยาที่เหมาะสมต่อการใช้รูปแบบผสานรวม ควรมีลักษณะเป็นระบบมีองค์ประกอบและกระบวนการที่ซับซ้อน จึงจะทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบได้ เช่น นิเวศวิทยา วัฏจักรของสาร และระบบการทำงานของร่างกาย

1.2 ครูผู้สอนที่สนใจจะนำรูปแบบผสานรวมไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ควรสร้างแผนผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงการคิดเชิงระบบในเนื้อหาชีววิทยาที่ใช้สอนก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ของผู้เรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งต่อไป

ในระหว่างการวิจัยพบว่า นักเรียนสามารถอธิบายถึงความเชื่อมโยงองค์ประกอบและกระบวนการของระบบที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี และสามารถเสนอแนะเกี่ยวกับการนำความรู้ในเนื้อหาบทเรียนไปประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิตได้ โดยสังเกตในช่วงกิจกรรมการเรียนรู้ของขั้นที่ 2 คือ ขั้นทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ ที่ให้นักเรียนวิเคราะห์ระบบจากกรณีตัวอย่างหรือสถานการณ์ที่คุ้นเคย ดังนั้น ในการทำวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยจึงเสนอแนะให้ศึกษาการใช้รูปแบบผสานรวมในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งผลต่อการนำความรู้ไปใช้ของผู้เรียน

# รายการอ้างอิง

## ภาษาไทย


โกมาตร จึงเสถียรทรัพย์. (2557). Systems Thinking Research: ปรับกระบวนทัศน์ พัฒนาระบบ. เอกสารการประชุม R2R National Forum เสริมพลัง สร้างคุณภาพ สู่สุขภาวะ. 27 กรกฎาคม 2557.

คณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. (2544). รายงานการสัมมนา เรื่อง นโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพมหานคร: เซเว่นพริ้นติ้งกรุ๊ป.

คณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ.2553. กรุงเทพฯ : สำนักนายกรัฐมนตรี, 2553.

จิราภา เต็งไตรรัตน์ และคณะ. (2543). จิตวิทยาทั่วไป. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ชัยณรงค์ แก้วสุก. (2550). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้รูปแบบ ED3U ร่วมกับคอมพิวเตอร์สถานการณ์จำลองที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชวาล แพรัตกุล. (2552). เทคนิคการวัดผล. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ชัยพร วิชชาวุธ. (2525). ความจำมนุษย์. กรุงเทพมหานคร: ชวนพิมพ์.

ทิศนาแขมมณี. (2540). การคิดและการสอนเพื่อพัฒนาการคิด. กรุงเทพมหานคร: โครงการพัฒนาการเรียนการสอน สำนักงานคณะกรรมการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

นภัสสร ชะปูแสน, ทัศนา ประสานตรี, & มนตรี อนันตรักษ์. (2557). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง อาหารและสารอาหาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานกับแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้นตอน. *วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม*, 4(1), 60-66.

ประสาท อิศรปรีดา. (2547). สารัตถะจิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: นำอักษรการพิมพ.

พัฒนาคุณภาพสิ่งแวดล้อม, สถาบัน. (2558). การคิดอย่างเป็นระบบ Systems Thinking: การประชุมปฏิบัติการเพื่อพัฒนาศักยภาพครูแกนนำขับเคลื่อนโรงเรียนคาร์บอนต่ำ. ออนไลน์


จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เข้าถึงจากwww.adeq.or.th/UserFiles/System%20Thinking%20for%20LCS.pdf. เข้าถึงเมื่อ 20 กันยายน 2558.

มนตรี แย้มกสิกร. (2546). การพัฒนารูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบของนิสิตปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยี. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มกราพันธ์ จูฑะรสก. (2556). การคิดอย่างเป็นระบบ: การประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน. นนทบุรี: โครงการสวัสดิการวิชาการ สถาบันพระบรมราชชนก.

วิชาการและมาตรฐานการศึกษา, สำนัก. (2554). แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

วันวิสา กองเสน. (2558). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้ และเจตคติต่อการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่องอาณาจักรของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการใช้ผังความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที 6. *รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติและนานาชาติ กลุ่มระดับชาติด้านการศึกษา*, 3(6), 386-396.

ศุภพงษ์ เนียมเที่ยง, สมศิริ สิงห์ลพ, กิตติมา พันธ์พฤกษา, เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, และมันทนา เมฆิยานนท์. (2559). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ควบคู่กับเทคนิคช่วยจำ (Mnemonics) วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*,18(2), 161-170.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2544). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2554). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ สกสค. ลาดพร้าว.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. (2557). ผลการประเมิน PISA 2012 คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ นักเรียนรู้อะไรและทำอะไรได้บ้าง. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

สมเกียรติ ตั้งกิจวานิชย์. (2558). ประเทศไทยกับอนาคตใหม่ทางการศึกษา. เอกสารการสัมมนา Education for the Future ปรับห้องเรียน เปลี่ยนอนาคต” ผ่าทางตันวิกฤติการศึกษาไทย ชูทางออกอนาคตการศึกษาศตวรรษที่ 21. 25 มีนาคม 2558.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2544). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

**ภาษาอังกฤษ**

Adams, J.A. (1967). Human memory. New York: McGrew-Hill Book Company.

Anderson, V., & Johnson, L. (1997). Systems thinking basics: From concept to causal loops. Waltham: Pegasus Communication.

Assaraf, O. B.-Z., Orion, N. (2005). Development of systems thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching, 42*(5), 518-560.

Assaraf, O. B.-Z., Orion, N. (2010). Four case studies, six years later: Developing systems thinking skills in junior high school and sustaining them over time. *Journal of Research in Science Teaching, 47*(10), 1253-1280.

Assaraf, O. B.-Z., R.,Dodick, J., & Tripto. J. (2013). High school students' understanding of the human body system. *Research in Science Education*, *43*(1), 33-56.

Bartlett, G. (2001). Systemic thinking: a simple thinking technique for gaining systemic (situation-wide) focus. The International Conference on Thinking "Breakthroughs 2001".

Bertalanffy, L. V. (1981). "A systems view of man" in general theory of systems. edited by paul a laviolete. Colorado: Westview Press.

Myer, D. G. (1992). Memory. 3rd ed. New York: Worth.

Cheng, B. H., Ructtinger, L., Fujii, R., & Mislevy, R. (2010). Assessing systems thinking and complexity in science (Large-scale assessment technical report 7). Menlo Park, CA: SRI International.

Cortright, R. N., Collins, H. L., Rodenbaugh, D. W., & DiCarlo, S. E. (2003). Student retention of course content is improved by collaborative-group testing. *Advances in Physiology Education*, *27*(3), 102-108.

Dorani, K. *et al.* (2015). Developing question sets to assess systems thinking skills. the 33rd international conference of the system dynamics society.

Driver, R., and Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 13*(1), 105-122

Ebel, R. L. (1986). Essentials of educational measurement. 2nd edition. New Jersey: Prentic-Hall.

Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., and Constantinou, N. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing systems thinking skills in elementary school: A case study eith fifth-gradeers and six-gradeers. *International Journal of Science Education, 31*(1), 655-740.

Gambari, A. I., Yaki, A. A., Gana, E. S., & Ughovwa, Q. E. (2014). Improving secondary school students' achievement and retention in biology through video-based multimedia instruction. *A Journal of Scholarly Teaching*, *9*, 78-91.

Hmelo, C.E., Holton, D.L., & Holodner, J.L. (2000). Designing to learn about complex system. *Journal of Learning Science, 9*(3), 247-298.

Ivie, R.L. (1998). Memory affects speech. *Quarterly Journal of speech,* 73, 280-302.

Kendall, P.A. (1987). Introduction to systems analysis and design. Boston: Allyn and Bacon.

Klausmeier, H. J. (1961). Learning and human abilities*: Educational psychology*. Harper & Row.

Lanzing, J. (1997). What is concept mapping? Retrieved July 15, 2017, from http:// users.edte.utwente.nl/lanzing/cm_home.htm

Lindvall, C.M., & Nitko, A.J. (1975). Measuring pupil achievement and aptitude. New York: Harcourt Brace.

Liu, L. & Hmelo-Silver, C. E. (2009). Promoting complex systems learning through the use of conceptual representations in hypermedia. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(9), 1023-1040.

Nesbit, J. C., & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*, *76*(3), 413-448.

Neuliep, J.W. (1996). Human communication theory: Application and case studies. Boston: Allyn and Bacon.

Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). Learning how to learn. Cambridge: Cambridge University Press.

Ozden, M., & Gultekin, M. (2008). The effects of brain-based learning on academic achievement and retention of knowledge in science course. *Electronic Journal of Science Education*, *12*(1).

Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the contex of the human circulatory system. *Frontiers in Public Health, 1*(2), 1-11.

Riess, W. and Mischo, C. (2010). Promoting systems thinking through biology lesson. *International Journal of Science Education, 32*(6), 705-725.

Sweeney, L.B. (1999). Guidelines for daily systems thinking practice. Waltham: Pegasus Communication, Inc.

Senge, P. (1990). The fifth discipline: the art and practice of the learning organization. (1st edition). New York: Doubleday/Currency.

Umar, A. A. (2011). Effects of biology practical activities on students' process skill acquisition in Minna, Niger State, Nigeria. *Journal of Science, Technology, and Mathematics Education, 7*(2), 118–126

Virhoeff, R.P. (2003). Towards systems thinking in cell biology education. PhD diss., Utrecht, The Netherlands: CD-B Press.

Verhoeff, R.P., Waarlo, A.J., and Boersma, K.T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education, 30*(4), 543-568.

Walsh, J. P., & Ungson, G. R. (1991). Organizational memory. *Academy of management review*, *16*(1), 57-91.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ภาคผนวก ก**

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้**

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์ อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์ พวงเพชร อังวิทิต ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา**

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงชัย หาญยุทธนากร อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร อาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. อาจารย์ พวงเพชร อังวิทิต ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม ในพระบรมราชินูปถัมภ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินแผนผังมโนทัศน์ของความสามารถในการเชิงระบบ**

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงแข สิทธิเจริญชัย อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ อัจฉรา ปานรอด หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินี

3. อาจารย์ พวงเพชร อังวิทิต ครูชำนาญการพิเศษ
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนสตรีวัดมหาพฤฒาราม
ในพระบรมราชินูปถัมภ์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ภาคผนวก ข**

**เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล**

1. แบบประเมินการคิดเชิงระบบ
2. แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

# แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

แบบประเมินการคิดเชิงระบบ ใช้สำหรับการตรวจและให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน โดยมีองค์ประกอบที่ปรากฏในแผนผัง ดังนี้

1.1 มโนทัศน์ คือ คำที่ปรากฏในกรอบวงรีเส้นทึบ ประกอบด้วยต่อมไร้ท่อต่าง ๆ สมอง-ส่วนไฮโพทาลามัส ระบบไหลเวียนเลือด และตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย

1.2 เส้นเชื่อมโยงแบบเส้นทึบ คือ เส้นที่มีหัวลูกศรแบบเส้นทึบลากเชื่อมระหว่างมโนทัศน์สำหรับแสดงความสัมพันธ์พื้นฐาน

1.3 เส้นเชื่อมโยงแบบเส้นประ คือ เส้นที่มีหัวลูกศรแบบเส้นประลากเชื่อมระหว่างมโนทัศน์สำหรับแสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัต

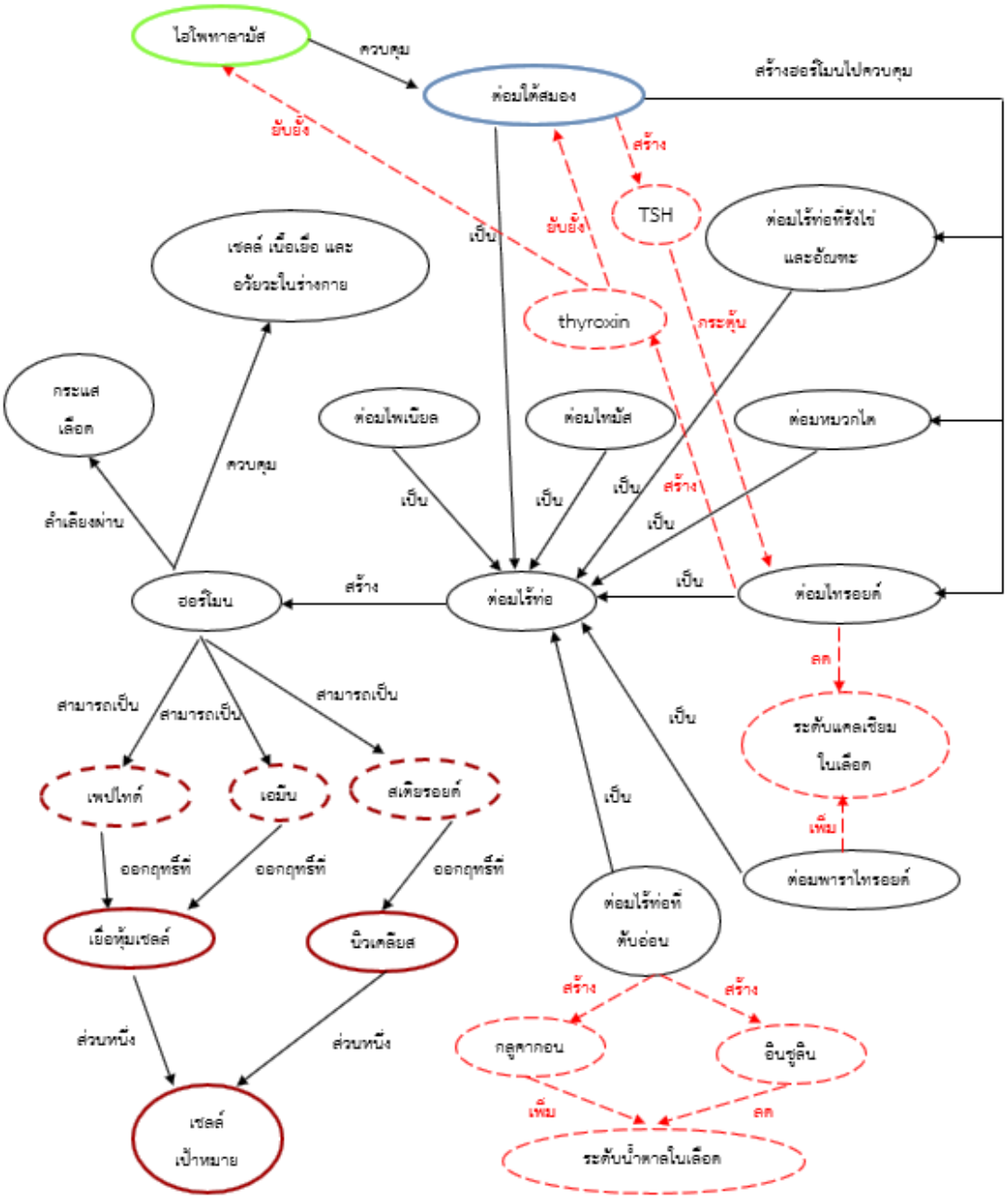
1.4 การจัดการกรอบมโนทัศน์ คือ รูปแบบของการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่ปรากฏในแผนผังทั้งหมด มี 4 รูปแบบ คือ (1) แบบเส้นตรง (2) แบบแตกกิ่ง (3) แบบสายโซ่ และ (4) แบบเครือข่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคล

เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคล เป็นเกณฑ์สำหรับตรวจให้คะแนนโดยยึดองค์ประกอบที่ปรากฏในแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นตัวกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ทั้งนี้การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ประเมินในการตัดสิน

**1. แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น**




**ภาพที่ 6** แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

**2. เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคล**

1) การระบุองค์ประกอบในระบบ มีคะแนนเต็ม 28 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) คะแนนการระบุองค์ประกอบ 16 คะแนน ได้แก่ การระบุต่อมไร้ท่อ 12 ต่อม ระบุสมองส่วนไฮโพทาลามัส ระบุวงจรการไหลเวียนเลือด และการระบุตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย 2 ชนิด (2) คะแนนการจัดระดับองค์ประกอบในระบบ 12 คะแนน คือ ปรากฏองค์ประกอบในระดับอวัยวะ ได้แก่ ต่อมไร้ท่อต่าง ๆ สมองส่วนไฮโพทาลามัส และวงจรการไหลเวียนเลือด ได้ 6 คะแนน และปรากฏองค์ประกอบในระดับเซลล์ ได้แก่ ตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย ได้ 6 คะแนน

2) การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน มีคะแนนเต็ม 18 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับเดียวกัน ได้ 12 คะแนน เนื่องจากมีคู่ต่อมไร้ท่อกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 12 คู่ เช่น ต่อมใต้สมองกับต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมองกับรังไข่ ต่อมหมวกไตชั้นนอกกับท่อหน่วยไต ฯลฯ (2) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคนละระดับ ได้ 6 คะแนน เนื่องจากมีต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 6 คู่ ได้แก่ ไฮโพทาลามัสกับตัวรับฮอร์โมนที่ต่อมใต้สมอง ไฮโพทาลามัสกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์ในร่างกาย ต่อมใต้สมองกับตัวรับฮอร์โมนที่ต่อมไร้ท่อ ต่อมใต้สมองกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์ในร่างาย ต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนที่ไม่ใช่สเตียรอยด์ และต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนสเตียรอยด์

3) การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตร มีคะแนนเต็ม 6 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตรระหว่างองค์ประกอบในระดับเดียวกัน ได้ 4 คะแนน เนื่องจากมีคู่ต่อมไร้ท่อกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 4 คู่ คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้ากับต่อมไทรอยด์ ต่อมไทรอยด์กับต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมใต้สมองส่วนหลังกับท่อหน่วยไต และต่อมใต้สมองส่วนหลังกับต่อมน้ำนม (2) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตรระหว่างองค์ประกอบคนละระดับ ได้ 2 คะแนน เนื่องจากมีต่อมไร้ท่อกับระดับไอออนในกระแสเลือดที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 2 คู่ ได้แก่ ตับอ่อนกับโมเลกุลกลูโคสในเลือด และต่อมพาราไทรอยด์กับไอออนของแคลเซียมในเลือด

4) การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนเต็ม 4 คะแนน โดยแบ่งการให้คะแนนเป็นดังนี้ (1) สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรง ได้ 1 คะแนน (2) สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบแตกกิ่ง ได้ 3 คะแนน (3) สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่ ได้ 3 คะแนน (4) สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบเครือข่าย ได้ 4 คะแนน

สรุปช่วงการให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ ตามระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ลักษณะบ่งชี้ แสดงดังตารางที่ 17

**ตารางที่ 17** ช่วงการให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ตามระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบทั้ง 4 ลักษณะบ่งชี้

| ลักษณะบ่งชี้ | ระดับความสามารถและช่วงคะแนน | | |
|---|---|---|---|
| | ไม่มีความสามารถ | มีความสามารถ | |
| | | ระดับพื้นฐาน (ร้อยละ1-74) | ระดับสูง (ร้อยละ 75 ขึ้นไป) |
| การระบุองค์ประกอบ | 0 | 1 - 20 | 21 - 28 |
| การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน | 0 | 1 - 13 | 14 - 18 |
| การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต | 0 | 1 - 4 | 5 - 6 |
| การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ | 0 | 1 - 2 | 3 - 4 |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# แบบสอบผลสัมฤทธิ์การเรียนชีววิทยา เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

**คำชี้แจง**

1. แบบสอบนี้เป็นแบบสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์การเรียนชีววิทยา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

2. แบบสอบฉบับนี้เป็นแบบสอบปรนัย ชนิดเลือดตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ทั้งหมด 11 หน้า

3. กำหนดเวลาในการทำแบบสอบ 50 นาที

4. โปรดทำแบบสอบทุกข้อ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ข้อมูลสูงสุด อ่านคำถามในแต่ละข้อให้เข้าใจ แล้วเลือกคำตอบที่นักเรียนเห็นว่าถูกต้องหรือเหมาะสมที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ดังรูป

| ข้อ | ก. | ข. | ค. | ง. |
|---|---|---|---|---|
| 1. | | | | |
| 2. | | | | |

ขอขอบคุณนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือในการทำแบบสอบชุดนี้ด้วยความตั้งใจ
ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนอ่านและทำความเข้าใจคำถาม แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. ต่อมไร้ท่อในข้อใด ที่หากถูกทำลายไปจะเกิดอันตรายถึงชีวิต

ก. ต่อมไทรอยด์ ข. ต่อมพาราไทรอยด์
ค. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ง. ต่อมหมวกไตส่วนใน

***เฉลย ข้อ ข. วัดความจำ เรื่อง ความสำคัญของต่อมไร้ท่อ***

2. อวัยวะในข้อใดที่สามารถพบทั้งต่อมมีท่อและต่อมไร้ท่อ

ก. ตับ ข. หัวใจ ค. ปอด ง. ตับอ่อน

***เฉลย ข้อ ง. วัดความจำ เรื่อง ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อที่สำคัญ***

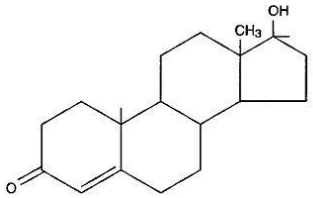
3. ถ้านักวิทยาศาสตร์จำแนกฮอร์โมนออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้
กลุ่มที่ 1 ได้แก่ thyroxin estrogen cortisol
กลุ่มที่ 2 ได้แก่ insulin glucagon secretin
นักวิทยาศาสตร์ใช้เกณฑ์ใดในการจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มดังกล่าว

ก. แหล่งที่สร้างฮอร์โมน
ข. ลักษณะโครงสร้างของโมเลกุลฮอร์โมน
ค. ตำแหน่ง hormone receptor ของเซลล์เป้าหมาย
ง. เซลล์หรืออวัยวะเป้าหมายของฮอร์โมน

***เฉลย ข้อ ค. วัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการจำแนกประเภท***

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. ฮอร์โมนที่มีโครงสร้างโมเลกุลดังภาพด้านล่างนี้ มีการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์อย่างไร และเพราะเหตุใดจึงมีการออกฤทธิ์ในลักษณะดังกล่าว




ก. ออกฤทธิ์ที่ตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากมีโมเลกุลขนาดเล็ก
ข. ออกฤทธิ์ที่ตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากขนาดโมเลกุลไม่สามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
ค. ออกฤทธิ์ที่ตัวรับภายในเซลล์ เนื่องจากมีหมู่ฟังก์ชันหลายหมู่ จึงผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย
ง. ออกฤทธิ์ที่ตัวรับภายในเซลล์ เนื่องจากโครงสร้างของโมเลกุลสามารถผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ได้ง่าย

***เฉลย ข้อ ง. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนในระดับเซลล์***

5. โครงสร้างส่วนใดต่อไปนี้ ที่**<u>ไม่สามารถ</u>**สร้างฮอร์โมนได้

ก. เนื้อเยื่อฟอลลิเคิลในรังไข่ ข. ต่อมใต้สมองส่วนหน้า
ค. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ง. เนื้อเยื่อในตับอ่อน

***เฉลย ข้อ ค. วัดความจำ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของต่อมใต้สมอง***

6. ฮอร์โมนในข้อใดที่สร้างจาก neurosecretory cell ของไฮโพทาลามัส

ก. Prolactin ข. Oxytocin ค. Gonadotropin ง. TSH

***เฉลย ข้อ ข. วัดความจำ เรื่อง หน้าที่ของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมอง***

7. ถ้านำเส้นด้ายผูกบริเวณหลอดเลือดที่เชื่อมระหว่างสมองส่วนไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมอง ข้อใดต่อไปนี้จะได้รับผลกระทบน้อยที่สุด

ก. โรคเบาจืด (diabetes insipidus) ข. การสร้างเซลล์ไข่และการเจริญของฟอลลิเคิล
ค. โรคเตี้ยแคระ (dwarfism) ง. การทำงานของต่อมไทรอยด์

***เฉลย ข้อ ก. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายการทำงานของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมอง***

8. ผู้ที่มีอาการของโรคเบาจืด ควรหลีกเลี่ยงพฤติกรรมในข้อใด

ก. ดื่มน้ำเปล่าในปริมาณมาก และดื่มวันละหลายๆ ครั้ง
ข. รับประทานอาหารที่มีแป้งและน้ำตาลเป็นส่วนประกอบ
ค. ดื่มนมและรับประทานอาหารที่มีโปรตีนเป็นส่วนประกอบ
ง. รับประทานอาหารที่มีเกลือเป็นส่วนผสมในปริมาณมาก

***เฉลย ข้อ ง. วัดการนำความรู้ไปใช้: การนำความรู้เกี่ยวกับการทำงานของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมอง ไปใช้ป้องกันอันตรายเมื่อระดับฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองมีปริมาณลดลง***

9. หากนักเรียนมีญาติสนิทที่เพิ่งคลอดบุตร นักเรียนจะแนะนำให้ญาติจัดอาหารสำหรับบุตรอย่างไร นอกจากการกินนมแม่และอาหารปกติสำหรับทารก เพื่อป้องกันไม่ให้บุตรของญาตินักเรียนเกิดภาวะร่างกายเตี้ยแคระและสมองพัฒนาช้ากว่าปกติ

ก. ให้กินนมเสริมแคลเซียมเพิ่มเติมจากนมแม่และอาหารปกติ
ข. ให้กินอาหารเสริมที่สามารถดูดซึมไปสร้างพลังงานได้เร็ว เช่น กล้วยสุกบด
ค. ผสมเกลือสมุทรปริมาณพอเหมาะลงในอาหารปกติหรืออาหารเสริมบางครั้ง
ง. ให้อาหารเสริมที่มีโปรตีนสูง เช่น ไข่ไก่ต้มบด หรือถั่วเหลืองต้มบด

***เฉลย ข้อ ค. วัดการนำความรู้ไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบและการทำงานฮอร์โมน จากต่อมไทรอยด์ นำไปใช้ในการเลือกอาหารเพื่อป้องกันความผิดปกติจากการสร้างไทรอกซินน้อยเกินไป***

10. หากทำการทดลองโดยนำหนูที่ถูกตัดต่อมไทรอยด์ทิ้ง ไปเลี้ยงในห้องที่มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เมื่อเวลาผ่านไปหนูจะมีสภาพเป็นอย่างไร

ก. หนูจะตาย เพราะร่างกายมีเมตาบอลิซึมต่ำ

ข. หนูจะตาย เพราะมีการขับถ่ายเกลือแร่มากเกินไป

ค. หนูจะรอด แต่อ่อนแอ เพราะต่อมไทรอยด์ไม่ใช่ต่อมไร้ท่อที่ร่างกายขาดไม่ได้

ง. หนูจะรอด แต่อ่อนแอ เพราะต่อมพาราไทรอยด์สามารถทำงานแทนได้

***เฉลย ข้อ ก. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายความผิดปกติของต่อมไทรอยด์***

11. โรงเรียนแห่งหนึ่งจัดโครงการสำรวจป่า ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร ช่วงเดือนเมษายน โดยจะมีการเดินสำรวจป่าในเวลากลางวันเป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร ระหว่างทางที่สำรวจมีทั้งทุ่งหญ้า ป่าไผ่ ป่าโปร่ง ลำธารที่แห้งขอดเพราะเป็นฤดูแล้ง การสำรวจป่าครั้งนี้ สามารถพกน้ำดื่มไปได้ไม่เกิน 1 ลิตรเท่านั้น เพื่อไม่ให้สัมภาระหนักมากเกินไปจนอาจทำให้เดินทางไกลไม่ไหว หากท่านเป็นนักเรียนของโรงเรียนแห่งนี้ และได้เข้าร่วมโครงการนี้ ท่านจะมีวิธีการเตรียมตัวก่อนสำรวจป่าอย่างไร เพื่อให้สามารถร่วมกิจกรรมได้โดยไม่เกิดอันตรายจากภาวะร่างกายขาดน้ำ

ก. งดรับประทานอาหารเค็มจัด เพื่อไม่ให้รู้สึกกระหายน้ำ

ข. อั้นปัสสาวะไว้นานๆ เพื่อไม่ให้ร่างกายสูญเสียน้ำมากเกินไป

ค. ดื่มน้ำผสมเกลือแร่เข้มข้น เพื่อกระตุ้นให้ร่างกายสดชื่น พร้อมต่อการเดินทาง

ง. ดื่มน้ำก่อนเดินทางให้มากที่สุดเท่าที่จะดื่มได้

***เฉลย ข้อ ก. วัดการนำความรู้ไปใช้: การนำความรู้เกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมน ADH จากไฮโพทาลามัส ไปใช้ในการชะลอการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายและลดการกระหายน้ำ***

10. ข้อใด**<u>ไม่ใช่</u>**ผลที่เกิดจากทำงานของฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมไพเนียล

ก. การสร้างเซลล์สืบพันธุ์และฮอร์โมนเพศถูกยับยั้ง ข. หลับและตื่นในช่วงเวลาเดิมทุกวัน

ค. สัตว์สะเทินบกสะเทินน้ำมีสีผิวเข้มขึ้น ง. การเป็นหนุ่มเป็นสาวข้ากว่าปกติ

***เฉลย ข้อ ค. วัดความจำ เรื่อง การทำงานของฮอร์โมนจากต่อมไพเนียล***

13. ข้อใดเป็นโรคที่เกิดจากการได้รับ Thyroxin มากเกินไป

ก. Simple Goiter ข. Toxic Goiter ค. Cretinism ง. Gigantism

***เฉลย ข้อ ข. วัดความจำ เรื่อง ความผิดปกติเนื่องจากระดับฮอร์โมนไทรอกซินไม่สมดุล***

14. ข้อใดต่อไปนี้อาจเป็นสาเหตุที่นำไปสู่การเกิดโรคกระดูกผุได้

ก. มี PTH มาก และ Calcitonin มาก ข. มี PTH มาก และ Calcitonin น้อย

ค. มี PTH น้อย และ Calcitonin มาก ง. มี PTH น้อย และ Calcitonin น้อย

***เฉลย ข้อ ข. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมพาราไทรอยด์และต่อมไทรอยด์***

15. หากครอบครัวของนักเรียนกำลังวางแผนไปเที่ยวพักผ่อนในช่วงปีใหม่ที่จะถึงนี้ โดยหนึ่งในสมาชิกของครอบครัว คือคุณยาย วัย 67 ปี ซึ่งประสบปัญหาต่อมไทรอยด์สร้างฮอร์โมนในปริมาณต่ำเนื่องมาจากความชรา กิจกรรมและสถานที่ท่องเที่ยวในข้อใดต่อไปนี้ที่**ไม่เหมาะสม**หากครอบครัวของนักเรียนวางแผนพักผ่อนเป็นเวลา 5 วัน

ก. กางเต็นท์นอนเพื่อชมหมอก บนยอดดอยอินทนนท์ที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 2,565 เมตร
ข. นั่งรถซาฟารีชมทุ่งดอกทานตะวัน ริมเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ จังหวัดลพบุรี ในวันที่มีอากาศชื้น
ค. นอนรับลมทะเลที่บ้านพักริมหาดเกาะเสม็ด ในช่วงกลางวันที่แดดจ้า และมีลมพัดตลอด
ง. ปั่นจักรยานรับแสงแดดอ่อนๆ ยามเช้า ภายในสวนของบ้านพักนักท่องเที่ยวที่เกาะสมุย

***เฉลย ข้อ ก. วัดการนำความรู้ไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของต่อมไทรอยด์ ไปใช้ดูแลรักษาร่างกายจากอันตรายเมื่อระดับฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์ลดลง***

16. ฮอร์โมนในข้อใด ที่มีรูปแบบการตอบสนองในระดับเซลล์เช่นเดียวกับฮอร์โมน cortisol

ก. insulin และ growth hormone ข. oxytocin และ thyroxin
ค. testosterone และ ADH ง. estrogen และ aldosterone

***เฉลย ข้อ ง. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต***

17. นักวิทยาศาสตร์ทำการทดลอง โดยหยดสารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินลงบนผิวของกล้ามเนื้อกบ ปรากฏว่าเกิดการหดตัวของกล้ามเนื้ออย่างแรง แต่หากฉีดสารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินเข้าไปในเซลล์กล้ามเนื้อ ปรากฏว่าไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

จากผลการทดลองที่เกิดขึ้น จะสามารถสรุปการทดลองได้ว่าอย่างไร

ก. สารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเฉพาะโครงสร้างที่เป็นกล้ามเนื้อเท่านั้น
ข. สารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินออกฤทธิ์ที่ภายนอกของเซลล์กล้ามเนื้อกบ
ค. วิธีหยดทำให้สารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงกล้ามเนื้อกบมากกว่าวิธีฉีด
ง. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหดตัวของกล้ามเนื้อกบ คือ ปริมาณของสารละลายและบริเวณที่นำสารละลายฮอร์โมนเอพิเนฟรินเข้าสู่ร่างกายกบ

***เฉลย ข้อ ข. วัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสรุปผลการหาคำตอบของการทดลองเพื่อศึกษากระบวนการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต***

18. ฮอร์โมนในข้อใด ที่ให้ผลในการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด**ตรงกันข้าม**กับกับฮอร์โมนที่หลั่งจาก $\alpha$-cell ของตับอ่อน

ก. Insulin ข. Cortisol ค. Glucagon ง. Adrenalin

***เฉลย ข้อ ก. วัดความจำ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน***

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

19. นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาการทำงานของต่อมหมวกไตกับหนูทดลอง 4 ตัว โดยมีกระบวนการศึกษาดังตารางต่อไปนี้

| หนู | ต่อมหมวกไตชั้นนอก | ต่อมหมวกไตชั้นใน | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| A | ตัดทิ้ง | ปกติ | - |
| B | ปกติ | ตัดทิ้ง | - |
| C | ปกติ | ปกติ | ผูกหลอดเลือดที่ออกจากต่อมหมวกไตชั้นนอกทุกเส้น |
| D | ปกติ | ปกติ | ผูกหลอดเลือดที่ออกจากต่อมหมวกไตชั้นในทุกเส้น |

หลังจากนั้นนักวิทยาศาสตร์นำปัสสาวะของหนูทดลองทั้ง 4 ตัว มาตรวจวิเคราะห์หาปริมาณไอออนของโซเดียม ($Na^+$) แล้วพบว่าหนูทดลอง A และ C มีปริมาณ $Na^+$ สูงกว่าปกติ

การทดลองดังกล่าว มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปัญหาในข้อใด

ก. ปริมาณ $Na^+$ เป็นผลมาจากการตัดต่อมหมวกไตทิ้งหรือการผูกหลอดเลือดที่ต่อมหมวกไตมากกว่ากัน

ข. การผูกหลอดเลือดที่ต่อมหมวกไตส่งผลต่อปริมาณ $Na^+$ ใกล้เคียงกับการตัดต่อมหมวกไตทิ้งหรือไม่

ค. ต่อมหมวกไตชั้นนอก หรือต่อมหมวกไตชั้นในที่ควบคุมปริมาณ $Na^+$ ที่หลั่งออกมากับปัสสาวะ

ง. การผูกหลอดเลือดที่ต่อมหมวกไตชั้นนอกส่งผลต่อปริมาณ $Na^+$ เหมือนหรือแตกต่างจากการผูกหลอดเลือดที่ต่อมหมวกไตชั้นใน

***เฉลย ข้อ ค. วัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านวิธีการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องการระบุและกำหนดขอบเขตของปัญหาที่ศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของต่อมหมวกไต***

20. พฤติกรรมและสภาวะในข้อใด ที่จะต้อง**<u>ป้องกันไม่ให้เกิดขึ้น</u>**อย่างเด็ดขาด สำหรับผู้ที่ประสบปัญหาการหลั่งฮอร์โมน aldosterone ต่ำกว่าปกติ

ก. กินอาหารที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบมาก จนมีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ

ข. กินอาหารที่มีรสเค็ม ทำให้ไอออนของเกลือเข้าสู่กระแสเลือดมากขึ้น

ค. กินอาหารที่ปรุงไม่สะอาด จนท้องร่วงรุนแรง

ง. กินอาหารที่มีรสเปรี้ยวจัด จนทำให้เกิดอาการเสียวฟัน

***เฉลย ข้อ ค. วัดการนำความรู้ไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของต่อมหมวกไต ไปใช้ในการป้องกันอันตรายเมื่อระดับฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตมีปริมาณลดลง***

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

21. กระบวนการใดที่มีโอกาสเกิดขึ้น เมื่อร่างกายหลั่งฮอร์โมนที่สร้างจาก β-cell ของตับอ่อนในปริมาณน้อยกว่าปกติ

ก. อัตราการดูดซึมกลูโคสของเซลล์ในร่างกายมากกว่าปกติ
ข. เซลล์ในร่างกายมีอัตราการสร้างพลังงานสูงกว่าปกติ
ค. อัตราการสร้างไกลโคเจนที่เนื้อเยื่อตับน้อยกว่าปกติ
ง. ปริมาณกลูโคสที่ผ่านการกรองเข้าสู่ท่อหน่วยไตต่ำกว่าปกติ

***เฉลย ข้อ ก. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายความผิดปกติจากระดับของฮอร์โมนที่ตับอ่อนไม่สมดุล***

22. ต่อมไทมัสสร้างฮอร์โมนชนิดใด และเกี่ยวข้องกับระบบอวัยวะใดในร่างกาย

ก. Gastrin เกี่ยวข้องกับระบบย่อยอาหาร ข. Secretin เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่าย
ค. MSH เกี่ยวข้องกับระบบกล้ามเนื้อและผิวหนัง ง. Thymosin เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกัน

***เฉลย ข้อ ง. วัดความจำ เรื่อง โครงสร้างและการทำงานของต่อมไทมัส***

23. บุคคลใดที่สันนิษฐานโรคของตนเองจากอาการที่ปรากฏได้ถูกต้อง และมีวิธีปฏิบัติตนได้เหมาะสมที่สุด

ก. ณเดช สังเกตว่าตนเองปัสสาวะบ่อยกว่าทุกครั้ง หลังจากไปดื่มฉลองรับปริญญา คาดว่าตนเองเป็นโรคเบาจืด จึงพยายามดื่มน้ำให้มากขึ้นเพื่อลดการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย

ข. เฌอมาลย์ พบว่าตนมีน้ำหนักขึ้น 5 กิโลกรัม ภายในเวลาแค่ 1 เดือน คาดว่าตนเองเป็นโรคเบาหวาน จึงกินยาลดระดับน้ำตาลในเลือดไม่ให้สูงเกินไป

ค. ปริญ มีอาการอ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ตัวสั่น ตาพร่า และหิวอยู่บ่อยๆ คาดว่าตนเองเป็นโรค hypoglycemea จึงพกลูกอมไปรับประทานเวลาทำงาน

ง. ตุ๊กกี้ มีใบหน้าที่อ้วนกลมตั้งแต่กำเนิด คาดว่าตนเองเป็นโรค cushing's syndrome จึงงดรับประทานแป้งและของหวานทุกชนิด

***เฉลย ข้อ ค. วัดการนำความรู้ไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับการทำงานขอฮอร์โมนจากตับอ่อน ไปใช้วินิจฉัยและดูแลรักษาสุขภาพเมื่อระดับฮอร์โมนอินซูลินสูงกว่าปกติ***

24. ผู้ป่วยด้วยโรคเบาหวานชนิดที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำตาลในเลือดเป็นอย่างไร และควรปฏิบัติตนเช่นใดเมื่อทราบว่าเป็นโรคนี้

ก. ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลง ควรรับประทานอาหารที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบมากเพื่อให้ร่างกายมีวัตถุดิบในการสร้างพลังงานที่เพียงพอ
ข. ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ควรลดการรับประทานที่มีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบเพื่อ

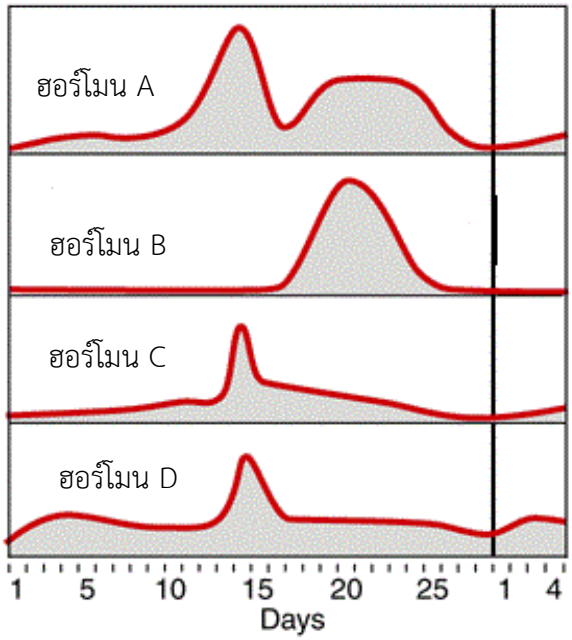
ป้องกันไม่ให้ระดับน้ำตาลในเลือดสูงเกินไป

ค. ระดับน้ำตาลในเลือดต่ำลง ควรงดการออกกำลังกาย เพราะร่างกายอาจสร้างพลังงานไม่เพียงพอ

ง. ระดับน้ำตาลในเลือดสูงขึ้น ควรซื้อยายาลดระดับน้ำตาลในเลือดมากินด้วยตัวเอง

***เฉลย ข้อ ข. วัดการนำความรู้ไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมนจากตับอ่อน ไปใช้ดูแลรักษาสุขภาพเมื่อมีระดับฮอร์โมนอินซูลินต่ำกว่าปกติ***

*พิจารณาแผนภาพการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนในรอบเดือนของผู้หญิง แล้วตอบคำถามข้อ 25-26*




จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

25. ฮอร์โมนใด ที่ทำหน้าที่รักษาผนังมดลูกเอาไว้ เมื่อไข่ได้รับการปฏิสนธิ

ก. ฮอร์โมน A และ B
ข. ฮอร์โมน B และ C
ค. ฮอร์โมน C และ D
ง. ฮอร์โมน A และ D

***เฉลย ข้อ ก. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายโครงสร้างและการทำงานของต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ***

26. ฮอร์โมน A ทำหน้าที่อย่างไร

ก. กระตุ้นการปฏิสนธิ
ข. กระตุ้นการเจริญของตัวมดลูก
ค. ควบคุมลักษณะของเพศหญิง
ง. ควบคุม corpus luteum

***เฉลย ข้อ ค. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายการทำงานของต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ***

*พิจารณาเหตุการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 27-28*

ญาญ่าเป็นหญิงสาวอายุ 23 ปี เพิ่งเข้าพิธีแต่งงานไปเมื่อวันอาทิตย์ที่ 8 พฤษภาคม สามีของญาญ่าต้องทำงานประจำที่ต่างจังหวัด จึงมีเวลาได้อยู่ด้วยกันแค่หยุดเสาร์-อาทิตย์ ทั้งคู่วางแผนกันว่าจะมีบุตรด้วยกันทันที ญาญ่าเป็นหญิงที่มีประจำเดือนสม่ำเสมอ และเดือนนี้เริ่มมีประจำเดือนตั้งแต่วันที่แต่งงานพอดี

27. ญาญ่ากับสามีควรวางแผนการมีเพศสัมพันธ์กันในวันใด จึงจะมีโอกาสให้กำเนิดบุตรเร็วที่สุด

ก. วันเสาร์ที่ 14 พฤษภาคม
ข. วันอาทิตย์ที่ 15 พฤษภาคม
ค.วันอาทิตย์ที่ 22 พฤษภาคม
ง. วันเสาร์ที่ 28 พฤษภาคม

***เฉลย ข้อ ค. วัดการนำไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของฮอร์โมนเพศหญิงและการมีประจำเดือน ไปใช้ในการทำนายระยะตกไข่ และการให้กำเนิดบุตร***

28. หากยังไม่เกิดการปฏิสนธิ ญาญ่าจะมีประจำเดือนอีกครั้งเมื่อใด

ก. ในช่วงวันที่ 14-16พฤษภาคม
ข. ในช่วงวันที่ 22-24 พฤษภาคม
ค. ในช่วงวันที่ 28-30 พฤษภาคม
ง. ในช่วงวันที่ 6-8 มิถุนายน

***เฉลย ข้อ ง. วัดการนำไปใช้: นำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของฮอร์โมนเพศหญิงและการมีประจำเดือน ไปใช้ในการทำนายระยะของการมีประจำเดือน***

29. การทำงานของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อคู่ใดต่อไปนี้ มีกลไกควบคุมป้อนกลับเชิงลบ (negative feedback mechanism) ในการรักษาสมดุลของแคลเซียมไอออนในเลือด

ก. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง - ต่อมใต้สมองส่วนหน้า
ข. $\alpha$ cell – $\beta$ cell ของตับอ่อน
ค. ต่อมหมวกไตชั้นนอก – ต่อมหมวกไตชั้นใน
ง. ต่อมพาราไทรอยด์ – ต่อมไทรอยด์

***เฉลย ข้อ ง. วัดความจำ เรื่อง กลไกการควบคุมแบบป้อนกลับ***

30. กระบวนการในข้อใดต่อไปนี้ ที่มีกลไกการควบคุมแบบป้อนกลับแตกต่างจากข้ออื่น

ก. สมดุลของความดันเลือด
ข. สมดุลของแคลเซียมไอออนในเลือด
ค. สมดุลระดับน้ำตาลในเลือด
ง. จังหวะบีบตัวของมดลูกขณะคลอดบุตร

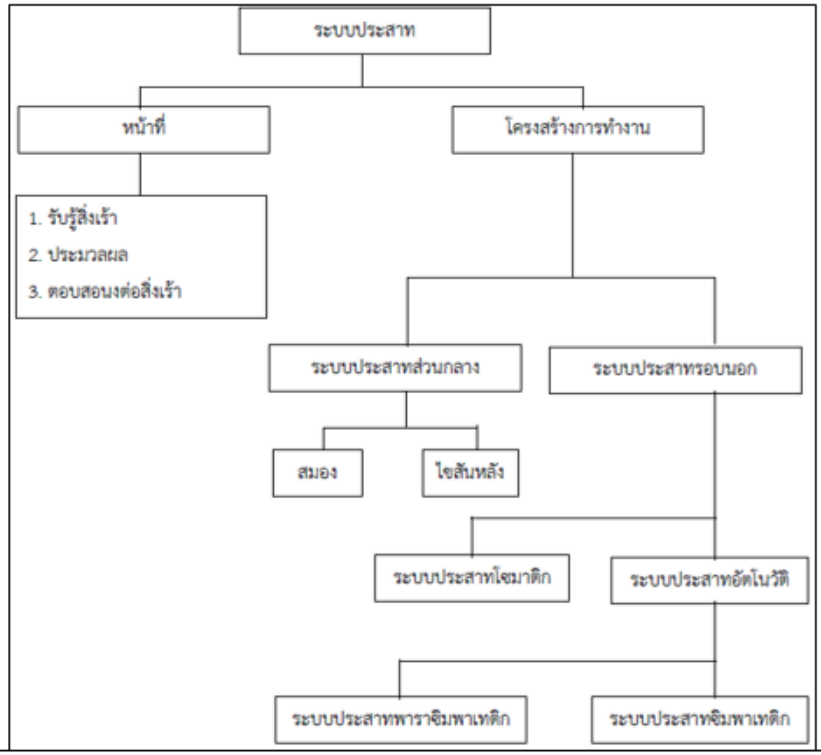
***เฉลย ข้อ ง. วัดความเข้าใจ ในการอธิบายความแตกต่างของกลไกการควบคุมแบบป้อนกลับเชิงบวกกับเชิงลบ***

**ภาคผนวก ค**
**เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง**

1. ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบผสานรวม
2. ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป
3. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม
4. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

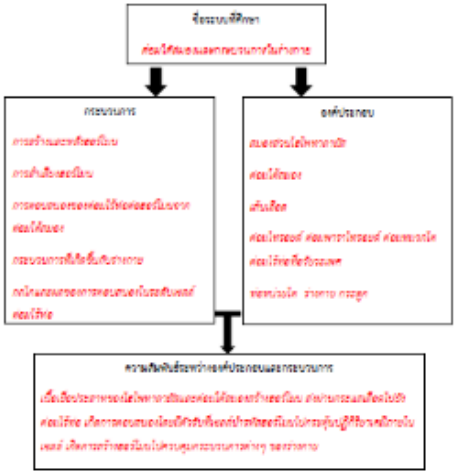
**ตารางที่ 18** ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยา

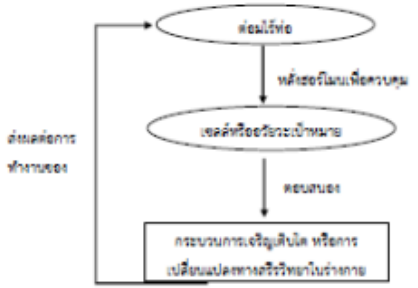
| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **แผนที่ 1** (2 คาบ) ความสำคัญของต่อมไร้ท่อความหมาย ประเภท และการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน<br>1.1 หน้าที่และความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ 1.2 ประเภทของต่อมไร้ท่อ<br>1.3 ประเภทของฮอร์โมน 1.4 รูปแบบการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน | |
| **1. ขั้นสืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อสืบค้นความรู้เดิม เรื่อง ระบบประสาท<br>- นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิมเป็นรายบุคคล<br>- ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่หน้าที่และความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ | ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม เรื่อง ระบบประสาท<br>  |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | - นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | | |
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนร่วมกันสืบค้น และศึกษาแต่ละองค์ประกอบของระบบต่อมไร้ท่อ<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานระบบต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายสรุปความสัมพันธ์ | การเขียนบรรยายสรุปในประเด็นต่อไปนี้<br>1. สารที่ต่อมไร้ท่อสร้าง<br>2. การลำเลียงสารที่ต่อมไร้ท่อสร้างไปยังอวัยวะหรือเซลล์เป้าหมาย<br>3. ความสำคัญของต่อมไร้ท่อ | |
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนศึกษาสื่อวีดิทัศน์ประกอบการอธิบายเรื่องประเภทของฮอร์โมนและการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนที่เซลล์<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย ในการวิเคราะห์ประเภทของฮอร์โมน ตามรูปแบบการออกฤทธิ์ที่เซลล์ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและโครงสร้างแต่ละระดับของระบบต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ของทั้งระบบ | | |
| **2. ต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง**<br>2.1 ตำแหน่งของต่อมใต้สมอง<br>2.2 โครงสร้างของต่อมใต้สมอง<br>2.3 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง<br>2.4 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง<br>2.5 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไทรอยด์และต่อมพาราไทรอยด์ | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามนำให้นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อสืบค้นความรู้เดิม เรื่อง ความสัมพันธ์ของสมองกับระบบต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม<br><br>**2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนศึกษากรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เรื่อง การกระหายน้ำ<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบของร่างกายที่เกี่ยวกับการกระหายน้ำ | <br><br>กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | 4 |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| 2.6 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์<br>2.7 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์<br>2.8 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมหมวกไต<br>2.9 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไต<br>2.10 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไต<br>2.11 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ<br>2.12 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ<br>2.13 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ | **3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- นักเรียนศึกษาบทความ หรือข่าวทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการกระหายน้ำ<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย เพื่อออกแบบแผนภาพของกระบวนการกระหายน้ำ<br>- นักเรียนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้<br>- ครูอธิบายเพิ่มเติม เกี่ยวกับลำดับการทำงานของต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องกับการกระหายน้ำ แล้วเชื่อมโยงสู่ต่อมไร้ท่ออื่นๆ ในร่างกาย<br>**4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนร่วมกันสืบค้นและศึกษา เรื่อง ต่อมใต้สมองเป็นกลุ่มย่อย<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมอง และระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อต่างๆ ที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายกระบวนการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง | <br>การเขียนบรรยายกระบวนการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง | |

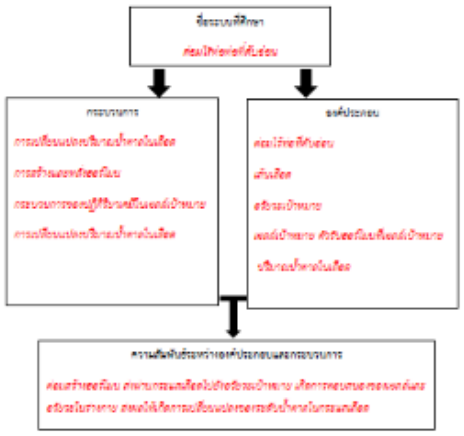
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับการทำงานในระดับเซลล์ของไฮโพทาลามัส ต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์การทำงานในระดับเซลล์ของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและโครงสร้างแต่ละระดับของไฮโพทาลามัส ต่อมใต้สมอง และต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ของทั้งระบบ |  | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| **3. ต่อมไพเนียล**<br>3.1 ตำแหน่งของต่อมไพเนียล<br>3.2 ชื่อและหน้าที่ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล<br>3.3 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อนักเรียนระลึกถึงความรู้สำคัญที่เคยผ่านการเรียนรู้แล้ว คือ เรื่องต่อมไร้ท่อกับกระบวนการในร่างกาย<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างผังมโนทัศน์ความรู้เดิม<br>- ครูใช้คำถามเชื่อมโยงสู่การทำงานของต่อมไพเนียล<br><br>**2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนศึกษากรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เรื่อง การหลับและตื่นของมนุษย์<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการของการหลับและตื่นของมนุษย์<br><br>**3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- นักเรียนศึกษาบทความหรือข่าวสารทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการหลับและตื่นของมนุษย์<br>- นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อออกแบบแผนผังแสดงการหลับและตื่นของมนุษย์<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ |  <br>กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน<br> | 1 |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาแผนภาพกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนเปรียบเทียบผลของฮอร์โมนเมลาโทนิน ที่มีต่อมนุษย์และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายกลไกการหลังและทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน | การเขียนบรรยายกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน | |
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม แล้วร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย ในประเด็นการทำงานระดับเซลล์ของฮอร์โมนเมลาโทนิน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อนำมาสู่การสรุปกระบวนการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน โดยเชื่อมโยงสู่กระบวนการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |

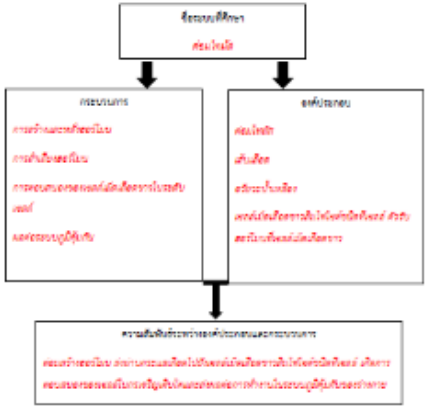
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทำงานในแต่ละระดับของต่อมไพเนียล<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ของทั้งระบบการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน | | |
| **4. ต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน**<br>4.1 ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>4.2 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>4.3 การออกฤทธิ์ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนถึงความรู้ที่สำคัญ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อกับการทำงานของร่างกาย แล้วเชื่อมโยงสู่การทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br><br>**2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนศึกษากรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เรื่อง อาหารกับระดับน้ำตาลในเลือด<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์อธิบายถึงฮอร์โมนที่เกี่ยวข้อง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการทำงานของฮอร์โมน และการควบคุมป้อนกลับของฮอร์โมน | นักเรียนไม่ต้องสร้างผลงานในเรื่องนี้ เนื่องจากใช้ความรู้สำคัญเช่นเดียวกับเรื่องต่อมไพเนียล ที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว<br><br>กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | 1.5 |

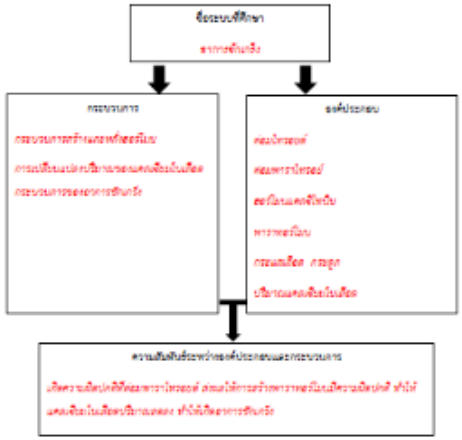
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาบทความทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โรคเบาหวาน (diabetes mellitus)<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่มย่อย เกี่ยวกับสาเหตุการเกิดโรค กระบวนการของการเป็นโรค และผลกระทบต่อการดำรงชีวิต<br>- นักเรียนแต่ละสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | | |
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาและสืบค้นเกี่ยวกับโครงสร้างและกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายกระบวนการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อในตับอ่อน | การเขียนบรรยายกลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อในตับอ่อน | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับโครงสร้างระดับเซลล์ที่สร้างฮอร์โมนของตับอ่อน ตลอดจนการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนในระดับเซลล์<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อยถึงการทำงานของฮอร์โมนจากตับอ่อนในระดับเซลล์<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการทำงานแต่ละระดับของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ |  | |

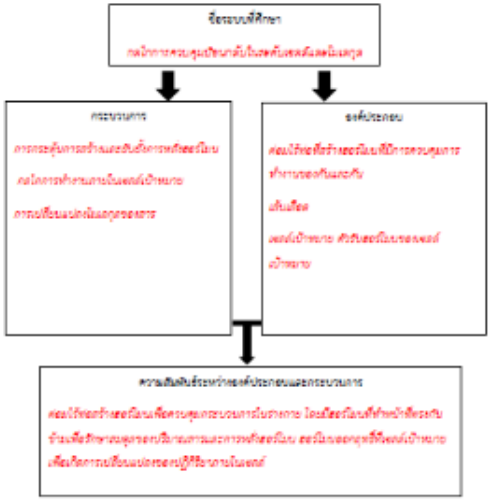
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| **5. ต่อมไทมัส**<br>5.1 ตำแหน่งของต่อมไทมัส<br>5.2 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทมัส<br>5.3 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทมัส | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนถึงความรู้ที่สำคัญ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อกับการทำงานของร่างกาย แล้วเชื่อมโยงสู่การทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน<br><br>**2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนศึกษากรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เรื่อง เม็ดเลือดขาวและการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการของการกำจัดสิ่งแปลกปลอมของร่างกาย<br><br>**3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- นักเรียนศึกษาบทความหรือข่าวทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับมะเร็งต่อมไทมัส ซึ่งเป็นต่อมที่พัฒนาเซลล์เม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ชนิดเซลล์ที<br>- นักเรียนร่วมกันทำงานเป็นกลุ่มย่อยเพื่อออกแบบแผนภาพการเกิดมะเร็งต่อมไทมัส<br>- นักเรียนสร้างแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | นักเรียนไม่ต้องสร้างผลงานในเรื่องนี้ เนื่องจากใช้ความรู้สำคัญเช่นเดียวกับเรื่องต่อมไพเนียล และต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อน ที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว<br><br>กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน<br><br> | 1 |

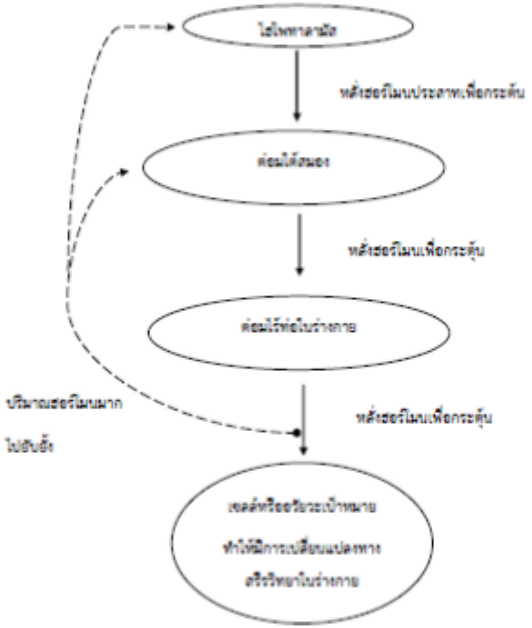
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาแผนภาพกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนไทโมซินเป็นกลุ่มย่อย<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการทำงานของต่อมไทมัส<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนไทโมซิน | การเขียนบรรยายกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนไทโมซิน | |
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานในระดับเซลล์ของต่อมไทมัสและฮอร์โมนไทโมซิน<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ในประเด็นกระบวนการทำงานในระดับเซลล์ของต่อมไทมัสและฮอร์โมนไทโมซิน<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายกลุ่มย่อย เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทำงานในระดับอวัยวะและระดับเซลล์ของต่อมไทมัส<br>- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของระบบต่อมไทมัส<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ |  | |
| **6. การรักษาสมดุลของฮอร์โมนด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ**<br>6.1 ความหมายของการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>6.2 รูปแบบของการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>6.3 ตัวอย่างการควบคุมแบบป้อนกลับของฮอร์โมนในร่างกาย | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนถึงตำแหน่งของต่อมไร้ท่อ กลไกการลำเลียงฮอร์โมน และกระบวนการทำงานของฮอร์โมนสำคัญ<br>- นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม<br>- ครูใช้คำถามให้นักเรียนทบทวนถึงฮอร์โมนบางชนิดที่ทำงานสัมพันธ์กัน แล้วเชื่อมโยงสู่เนื้อหาของบทเรียน | | 3 |

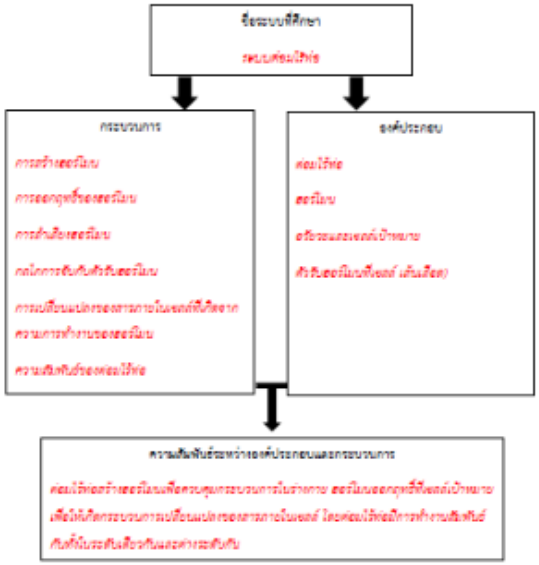
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนศึกษากรณีที่คุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เรื่อง การเปลี่ยนแปลงระดับแคลเซียมในเลือด<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงระดับแคลเซียมในเลือด | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |
| | **3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- ครูใช้วีดิทัศน์ที่แสดงอาการชักเกร็งที่พบในละครเรื่องดัง ซึ่งเป็นผลมาจากระดับแคลเซียมในเลือดต่ำเกินไป<br>- นักเรียนศึกษาบทความหรือข่าววิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแคลเซียมในเลือดที่มีต่อการดำรงชีวิต<br>- นักเรียนร่วมกันออกแบบแผนภาพแสดงสาเหตุและผลของการเปลี่ยนแปลงระดับแคลเซียมในเลือด<br>- นักเรียนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้<br>- ครูใช้คำถามเชื่อมโยงสู่เนื้อหาการควบคุมป้อนกลับของฮอร์โมน |  | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- ครูใช้การสาธิตเพื่อให้เกิดความเข้าใจเรื่องการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้คาน และเมืดทราย<br>- ครูจัดเตรียมแผนภาพแสดงการควบคุมป้อนกลับของฮอร์โมนแต่ละคู่ ดังนี้<br>1) อินซูลิน - กลูคากอน<br>2) แคลซิโทนิน - พาราทอร์โมน<br>3) TSH – ไทรอกซิน<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยศึกษาแผนภาพ<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายกลไกการของการควบคุมป้อนกลับ | การเขียนบรรยายกลไกควบคุมป้อนกลับของฮอร์โมน 3 คู่ ได้แก่<br>1) อินซูลิน - กลูคากอน<br>2) แคลซิโทนิน - พาราทอร์โมน<br>3) TSH – ไทรอกซิน | |
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติม เกี่ยวกับกลไกการป้อนกลับของฮอร์โมนในระดับโมเลกุล<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย ในประเด็นการทำงานของฮอร์โมนในระดับเซลล์และระดับโมเลกุลของกลไกการควบคุมป้อนกลับ<br>- นักเรียนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |

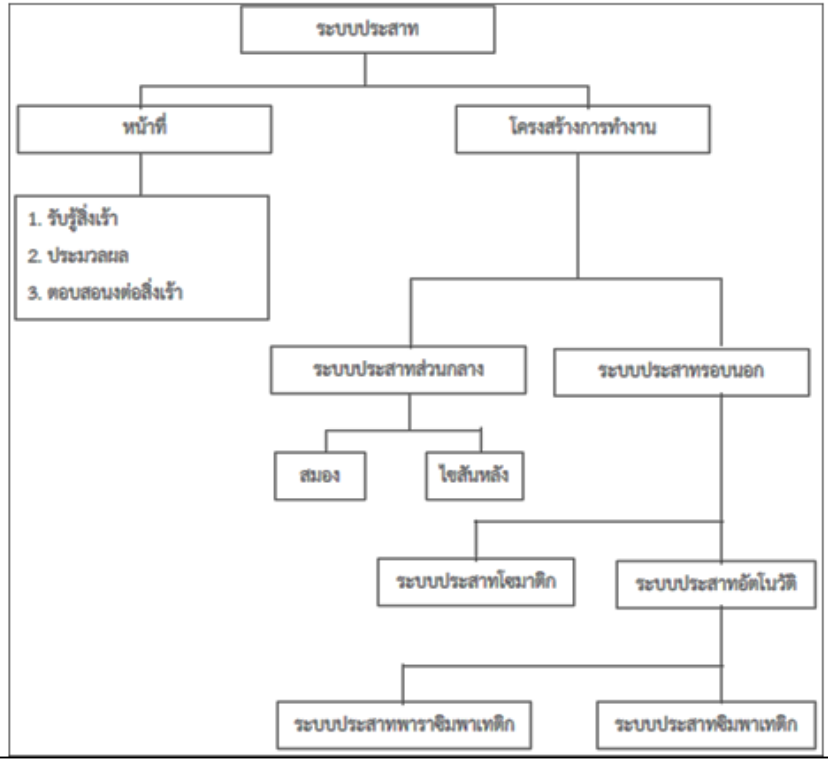
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนแลกเปลี่ยนและแบ่งปันความรู้ในหัวข้อที่ได้ศึกษา โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อนำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกลไกการควบคุมป้อนกลับในระดับอวัยวะและระดับโมเลกุล<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย ถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบและกระบวนการแต่ละระดับ ในการควบคุมแบบป้อนกลับของฮอร์โมน<br>- นักเรียนแต่ละคนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ของทั้งระบบ |  | |

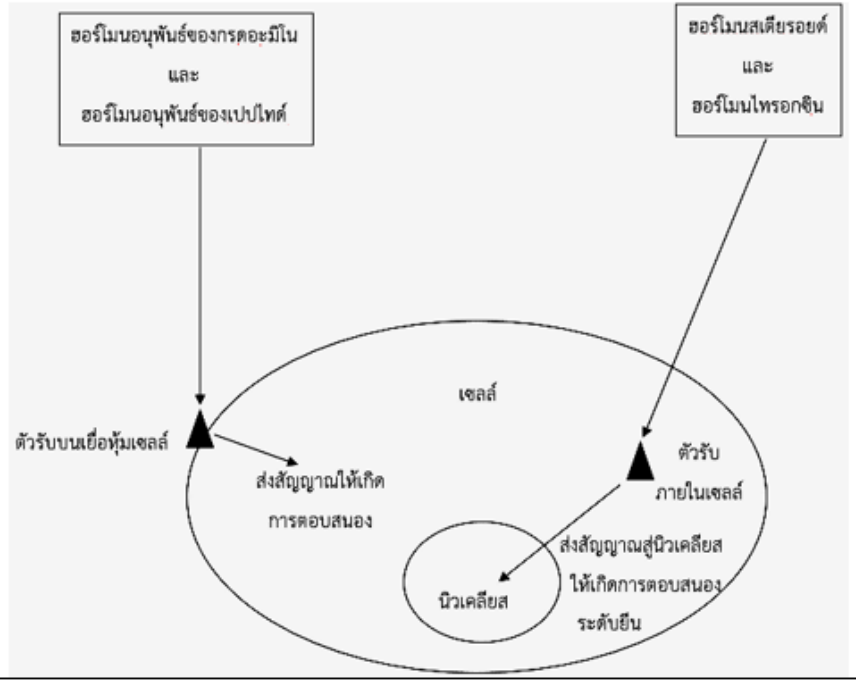
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| **7. ความซับซ้อนของระบบต่อมไร้ท่อ**<br>7.1 ความสัมพันธ์ในการทำงานของต่อมไร้ท่อ<br>7.2 รูปแบบของความสัมพันธ์ในการทำงานของต่อมไร้ท่อ | **1. สืบค้นความรู้เดิม**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนทบทวนถึงองค์ประกอบ หน้าที่ และกระบวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว<br>- นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์ เรื่อง องค์ประกอบ หน้าที่ และการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ<br><br>**2. ทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ**<br>- นักเรียนวิเคราะห์แผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างในขั้นสืบค้นความรู้เดิมเป็นกลุ่มย่อย โดยวิเคราะห์ว่ามโนทัศน์และข้อความในผังเป็นสิ่งใดต่อไปนี้<br>2.1 องค์ประกอบ<br>2.2 กระบวนการ<br>2.3 กระบวนการเชิงพลวัตร |  <br>กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | 2 |

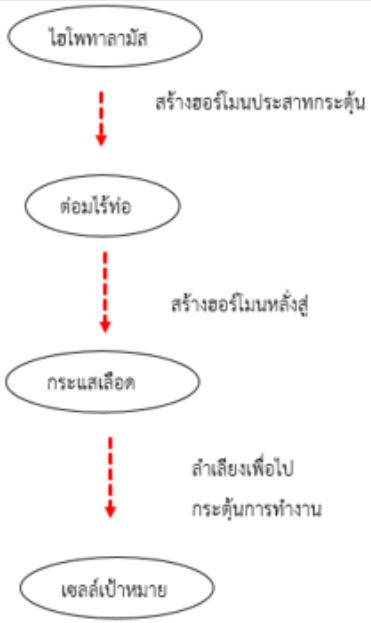
| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **3. สร้างแรงจูงใจ**<br>- ครูใช้เกมเป็นเทคนิคในการทบทวนกรณีตัวอย่างต่างๆ ที่นักเรียนเคยเรียนรู้ โดยแสดงภาพของผู้ที่มีอาการผิดปกติต่างๆ เนื่องมาจากระดับของฮอร์โมนไม่สมดุล แล้วให้นักเรียนตอบในประเด็นต่อไปนี้<br>1) ชื่อของอาการผิดปกติ<br>2) สาเหตุของความผิดปกติ<br>- นักเรียนสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | | |
| | **4. บรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ**<br>- นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อย เกี่ยวกับการทำงานของต่อมไร้ท่อต่างๆ ในการควบคุมกระบวนการของร่างกาย<br>- นักเรียนเขียนบรรยายกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อและความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อที่ทำงานเกี่ยวข้องกัน | การเขียนบรรยายกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อและความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อที่ทำงานเกี่ยวข้องกัน | |

| หัวข้อและเนื้อหาสาระหลัก | กิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียน | จำนวนคาบ |
|---|---|---|---|
| | **5. วิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ**<br>- นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อย เกี่ยวกับกระบวนการในระดับเซลล์ของต่อมไร้ท่อต่างๆ ในร่างกาย<br>- นักเรียนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ | กิจกรรมของขั้นนี้กับขั้นถัดไปมีความต่อเนื่องกัน ดังนั้นจึงให้นักเรียนสร้างผลงานใน 2 ขั้นนี้เป็นผลงานเดียวกัน | |
| | **6. วิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**<br>- นักเรียนอภิปรายกลุ่มย่อย เกี่ยวกับรูปแบบความสัมพันธ์ในการทำงานของต่อมไร้ท่อทั้งระบบ<br>- นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์แล้วสรุปรูปแบบของความสัมพันธ์ ว่าจัดเป็นความสัมพันธ์รูปแบบใดดังต่อไปนี้<br>1) ความสัมพันธ์ในระดับเดียวกัน<br>2) ความสัมพันธ์ต่างระดับกัน<br>- นักเรียนเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ |  | |
| **รวมระยะเวลาการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด** | | | 15 |

**ตารางที่ 19** ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้และผลงานนักเรียนของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **แผนที่ 1** (2 คาบ) ความสำคัญของต่อมไร้ท่อความหมาย ประเภท และการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน<br>1.1 หน้าที่และความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ 1.2 ประเภทของต่อมไร้ท่อ<br>1.3 ประเภทของฮอร์โมน 1.4 รูปแบบการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน | |
| **1. ขั้นนำ**<br>- ครูนำการสนทนากับนักเรียน ในประเด็นเกี่ยวกับระบบประสาทที่ส่งผลต่อการทำงานของฮอร์โมน<br>- นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิมเป็นรายบุคคล<br>- ครูใช้คำถามเชื่อมโยงสู่หน้าที่และความสำคัญของระบบต่อมไร้ท่อ | ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม เรื่อง ระบบประสาท<br>  |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **2. ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนร่วมกันสืบค้น และอภิปรายกลุ่มย่อยเรื่องกระบวนการทำงานของฮอร์โมน<br>- นักเรียนสร้างแผนภาพประเภทและการออกฤทธิ์ของฮอร์โมนเป็นรายบุคคล<br>- ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์และสื่อวีดิทัศน์ในการอธิบาย ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ด้วยตนเอง | ตัวอย่างแผนภาพประเภทและการออกฤทธิ์ของฮอร์โมน<br>  |
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการสรุปความรู้ของบทเรียน<br>- นักเรียนเขียนแผนผังมโนทัศน์เพื่อสรุปบทเรียน เรื่อง การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ เป็นรายบุคคล | ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ<br>*(หน้าถัดไป)* |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| |  |

**แผนที่ 2** (4 คาบ) ต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง

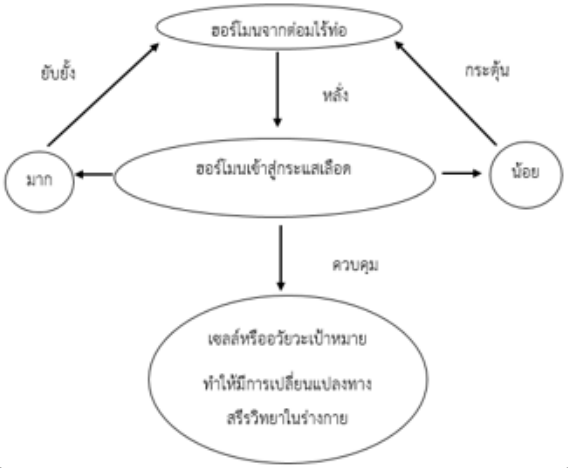
2.1 ตำแหน่งของต่อมใต้สมอง
2.2 โครงสร้างของต่อมใต้สมอง
2.3 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง
2.4 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง
2.5 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไทรอยด์และต่อมพาราไทรอยด์
2.6 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์
2.7 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์
2.8 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมหมวกไต
2.9 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไต
2.10 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไต
2.11 ตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ
2.12 ชื่อและหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ
2.13 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| 1. **ขั้นนำ**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิม<br>- ครูนำการสนทนา โดยยกตัวอย่างกระบวนการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง เรื่อง การกระหายน้ำ<br>- ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่เนื้อหาของบทเรียน | |
| 2. **ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยทั้งหมด 5 กลุ่ม<br>- นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง<br>- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการแบ่งปันข้อมูลกับกลุ่มอื่น ๆ ในชั้นเรียน<br>- นักเรียนเขียนสรุปความรู้ที่ได้จากการสืบค้นและแบ่งปันลงในแบบบันทึกกิจกรรมเป็นรายบุคคล<br>- นักเรียนสร้างแผนผังการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง เป็นรายบุคคล | ตัวอย่างแผนผังการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง<br>*(หน้าถัดไป)*<br> |

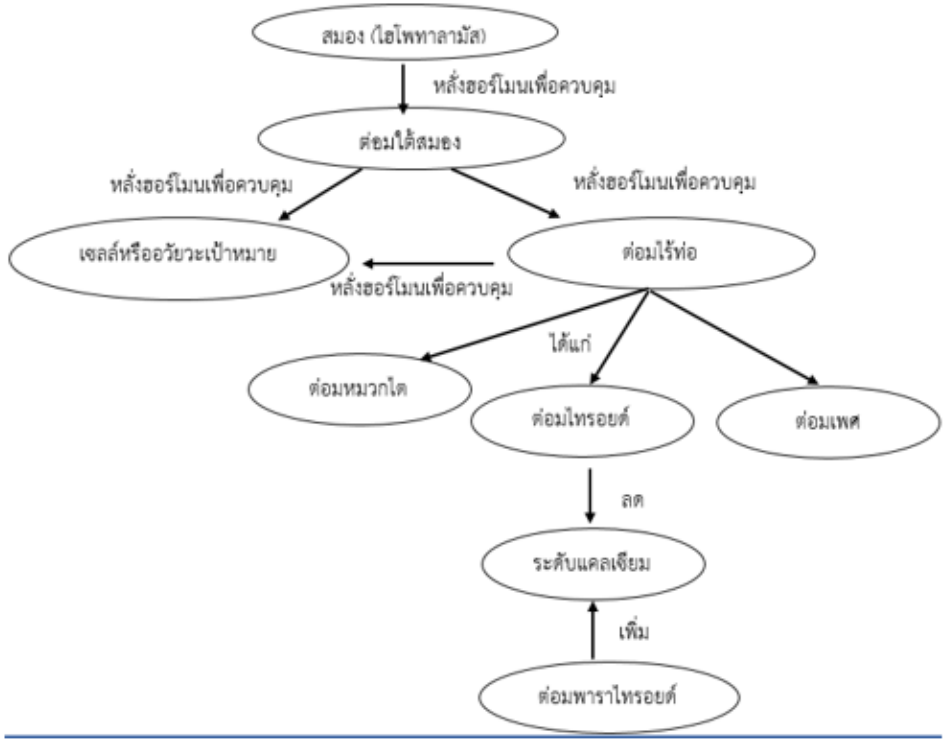
| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการสรุปความรู้ของบทเรียน<br>- นักเรียนเขียนสรุปการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง | การเขียนบรรยายสรุปการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง ในประเด็นดังนี้<br>1) ฮอร์โมนที่สร้าง<br>2) การทำงานของฮอร์โมน |
| **แผนที่ 3** (1.5 คาบ) ต่อมไพเนียล<br>3.1 ตำแหน่งของต่อมไพเนียล<br>3.2 ชื่อและหน้าที่ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล<br>3.3 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล | |
| **1. ขั้นนำ**<br>- ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์ฉายภาพสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน | |
| **2. ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาแผนภาพกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนินในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก<br>- นักเรียนบันทึกความรู้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายในการสรุปความรู้ของบทเรียน<br>- นักเรียนเขียนสรุปการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง | การเขียนบรรยายสรุปการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง ในประเด็นดังนี้<br>1) ฮอร์โมนที่สร้าง<br>2) การทำงานของฮอร์โมน |
| **แผนที่ 3** (1.5 คาบ) ต่อมไพเนียล<br>3.1 ตำแหน่งของต่อมไพเนียล<br>3.2 ชื่อและหน้าที่ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล<br>3.3 กลไกการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไพเนียล | |
| **1. ขั้นนำ**<br>- ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์ฉายภาพสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่บทเรียน | |
| **2. ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนร่วมกันศึกษาแผนภาพกลไกการหลั่งและการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนิน<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการทำงานของฮอร์โมนเมลาโทนินในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม และสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก<br>- นักเรียนบันทึกความรู้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| - ครูใช้สื่อวีดิทัศน์แสดงการเจริญของเม็ดเลือดขาวลิมโฟไซต์ ชนิดทีเซลล์ในต่อมไทมัส ซึ่งเป็นผลจากฮอร์โมนไทโมซิน<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่มย่อยถึงบทบาทของฮอร์โมนต่อการเจริญของเม็ดเลือดขาวชนิดดังกล่าว<br>- นักเรียนบันทึกความรู้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามนำให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อนำมาสู่การสรุปกระบวนการทำงานของฮอร์โมนไทโมซิน<br>- นักเรียนสรุปความรู้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |
| **แผนที่ 6** (2 คาบ) การรักษาสมดุลของฮอร์โมนด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>6.1 ความหมายของการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>6.2 รูปแบบของการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>6.3 ตัวอย่างการควบคุมแบบป้อนกลับของฮอร์โมนในร่างกาย | |
| **1. ขั้นนำ**<br>- ครูใช้สื่อวีดิทัศน์ นำเสนออาการชักเกร็ง ที่ปรากฏในฉากของละครเรื่อง ฮอร์โมน ซึ่งเป็นที่สนใจของเด็กวัยเรียน<br>- ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่ประเด็น เรื่องสมดุลของฮอร์โมนที่มีผลต่อกระบวนการในร่างกาย | |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **2. ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนทำการทดลอง เรื่องการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยใช้คาน และเมืดทราย<br>- นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อศึกษาแผนภาพแสดงการควบคุมป้อนกลับของฮอร์โมนแต่ละคู่ ดังนี้<br>1) อินซูลิน - กลูคากอน<br>2) แคลซิโทนิน - พาราทอร์โมน<br>3) TSH – ไทรอกซิน<br>- นักเรียนแบ่งปันความรู้กับกลุ่มอื่นๆ<br>- นักเรียนเขียนบันทึกความรู้ลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามนำให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย เพื่อนำมาสู่การสรุปกระบวนการรักษาสมดุลของฮอร์โมนด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>- นักเรียนสรุปความรู้ เรื่อง การรักษาสมดุลด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ โดยสร้างแผนผังมโนทัศน์ เป็นรายบุคคล | ตัวอย่างแผนผัง เรื่อง การรักษาสมดุลด้วยการควบคุมแบบป้อนกลับ<br>  |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **แผนที่ 7** (2 คาบ) ความซับซ้อนของระบบต่อมไร้ท่อ<br>7.1 ความสัมพันธ์ในการทำงานของต่อมไร้ท่อ<br>7.2 รูปแบบของความสัมพันธ์ในการทำงานของต่อมไร้ท่อ | |
| **1. ขั้นนำ**<br>- ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์แสดงภาพปริศนาต่อมไร้ท่อในร่างกาย เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน<br>- ครูใช้คำถาม เพื่อให้นักเรียนทบทวนถึงชื่อต่อมไร้ท่อ และกระบวนการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว<br>- ครูอธิบายเพิ่มเติม และเชื่อมโยงสู่บทเรียน | |
| **2. ขั้นกิจกรรม**<br>- นักเรียนร่วมกันอภิปรายเป็นกลุ่มย่อย เกี่ยวกับการทำงานของต่อมไร้ท่อต่างๆ ตลอดจนความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อที่มีการทำงานร่วมกัน จากนั้น<br>- นักเรียนร่วมกันสรุปความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อว่าจัดเป็นความสัมพันธ์รูปแบบใด และเป็นอย่างไร ดังต่อไปนี้<br>1) ความสัมพันธ์ในระดับเดียวกัน<br>2) ความสัมพันธ์ต่างระดับกัน<br>- นักเรียนเขียนบันทึกความรู้ที่ได้จากการอภิปรายลงในแบบบันทึกกิจกรรม | |

| ขั้นตอนและกิจกรรมการเรียนรู้ | ผลงานนักเรียนรายบุคคล |
|---|---|
| **3. ขั้นสรุปบทเรียน**<br>- ครูใช้คำถามให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อนำมาสู่การสรุปความซับซ้อนของระบบต่อมไร้ท่อ<br>- นักเรียนเขียนสรุปการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อด้วยการสร้างแผนผังมโนทัศน์เป็นรายบุคคล | ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์สรุปการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ<br>  |

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยารายคาบ ด้วยรูปแบบผสานรวม**

**เรื่อง ต่อมใต้สมอง และต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง**

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 2
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 คาบ ระยะเวลา 200 นาที
ผู้สอน นายอิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์

.....

**สาระสำคัญ**

ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) มีตำแหน่งอยู่ที่ส่วนล่างของสมองส่วนไฮโพทาลามัส แบ่งได้ 3 ส่วน คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ต่อมใต้สมองทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเพื่อไปควบคุมกระบวนการทำงานของร่างกายและต่อมไร้ท่ออื่นๆ รวมถึงเก็บและหลั่งฮอร์โมนที่สร้างจากไฮโพทาลามัส ต่อมไร้ท่อในร่างกายที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง ได้แก่ ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ เมื่อระดับของฮอร์โมนที่หลั่งออกมาไม่สมดุลจะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการในร่างกาย

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

เมื่อจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

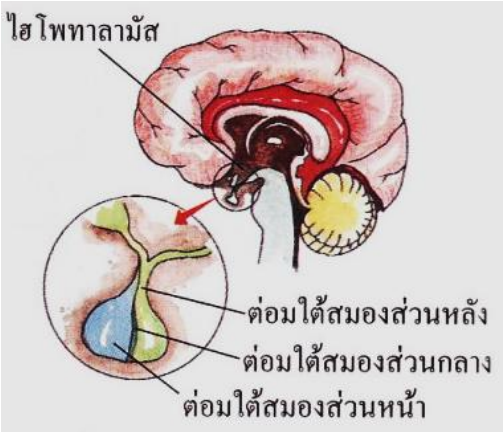
1. อธิบายโครงสร้างของต่อมใต้สมองได้
2. ระบุองค์ประกอบในการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องได้
3. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและกระบวนการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องได้
4. เชื่อมโยงการทำงานของฮอร์โมนในระดับอวัยวะและระดับเซลล์ได้
5. สร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ที่ใช้อธิบายการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องได้
6. นำเสนอข้อมูลและข้อคิดเห็นในการอภิปรายร่วมกันได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**สาระการเรียนรู้**

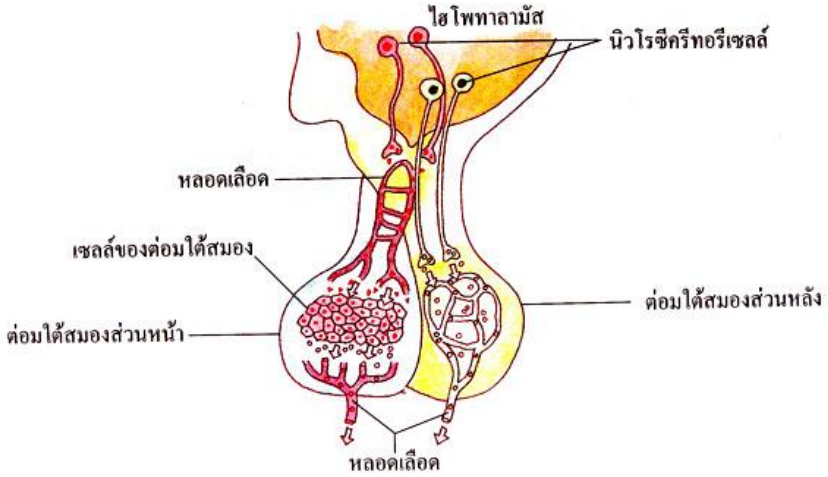
**1. ด้านความรู้**

ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) เป็นต่อมที่อยู่ติดกับส่วนล่างของสมองส่วนไฮโพทาลามัส แบ่งได้ 3 ส่วน คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง




ภาพที่ 1 ตำแหน่งของต่อมใต้สมอง
(แหล่งที่มา: https://kroopantong.files.wordpress.com)

ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและส่วนกลางเจริญมาจากเนื้อเยื่อชนิดเดียวกันตั้งแต่ในระยะเอ็มบริโอ ทำหน้าที่ผลิตและหลั่งฮอร์โมน ในขณะที่ต่อมใต้สมองส่วนหลังเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อประสาท แต่รับฮอร์โมนที่สร้างจากเซลล์นิวโรซีครีทอรี (neurosecretory cell) ของไฮโพทาลามัส แล้วหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดไปยังเซลล์ของอวัยวะเป้าหมาย




ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมองในการสร้างและหลั่งฮอร์โมน
(แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/lesson/1407)

ต่อมใต้สมองสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพื่อควบคุมของต่อมไร้ท่ออื่นๆ ตลอดจนกระบวนการทำงานของร่างกาย ดังนี้

1. ต่อมใต้สมองส่วนหน้า สร้างฮอร์โมนที่สำคัญดังนี้

1) Growth Hormone (GH) ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะกระดูกและกล้ามเนื้อ หากมีการสร้าง GH น้อยเกินไปในวัยเด็กจะทำให้มีอาการเตี้ยแคระ (Dwarfism)

ในขณะเดียวกัน หากสร้างมากเกินไปจะมีร่างกายที่สูงผิดปกติ (Gigantism) แต่ถ้าหากมีการสร้างฮอร์โมนมากเกินไปเมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้ว จะเป็นโรคอะโครเมกาลี (Acromegaly)

2) Gonadotropin มี 2 ฮอร์โมนที่สำคัญ คือ follicle stimulating hormone (FSH) และ luteinizing hormone (LH) กระตุ้นการเจริญของอวัยวะเพศ การสร้างฮอร์โมนเพศและเซลล์สืบพันธุ์

3) Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH) กระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอกให้สร้างฮอร์โมนตามปกติ

4) Thyroid Stimulating Hormone (TSH) กระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มขึ้น

5) Prolactin กระตุ้นต่อมน้ำนมของแม่ลูกอ่อนให้สร้างน้ำนม

2. ต่อมใต้สมองส่วนกลาง สร้าง melanocyte stimulating hormone (MSH ) ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์ (melanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่แทรกอยู่ระหว่างหนังกำพร้า (epidermis) และหนังแท้ (dermis) ให้สังเคราะห์สารสีน้ำตาลเข้มที่เรียกว่า เมลานิน (melanin) นอกจากนั้น MSH ยังกระตุ้นให้เมลานิน กระจายตัวออกไปทั่วเซลล์ เป็นให้สีผิวเข้มขึ้น

ฮอร์โมนนี้มีบทบาทเด่นชัดในสัตว์จำพวกปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด ส่วนในคน ต่อมใต้สมองส่วนกลางจะมีขนาดเล็กมาก และจัดเป็นส่วนหนึ่งของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำหน้าที่ผลิตและหลั่ง MSH แต่ไม่มีบทบาทหน้าที่ที่ชัดเจน

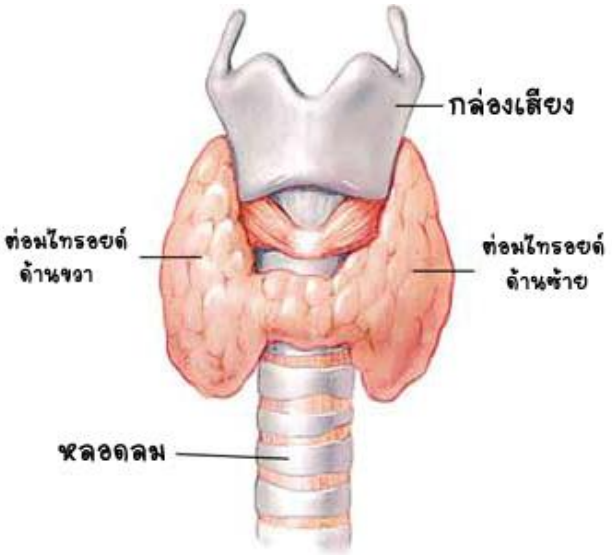
3. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ไม่สร้างฮอร์โมน แต่เก็บฮอร์โมนที่สร้างจากไฮโพทาลามัสแล้วหลั่งสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งมี 2 ฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง ดังนี้

1) Antidiuretic Hormone (ADH) หรือ Vasopressin กระตุ้นให้เส้นเลือดหดตัว ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น กระตุ้นให้ท่อของหน่วยไตมีการดูดน้ำกลับคืน ถ้าร่างกายขาด ADH จะปัสสาวะมาก ทำให้เกิดโรคเบาจืด (Diabetes insipidus)

2) Oxytocin กระตุ้นกล้ามเนื้อมดลูกให้หดตัวเพื่อช่วยในการคลอด และให้ตัวอสุจิเคลื่อนภายในมดลูก กระตุ้นการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อรอบ ๆ ต่อมน้ำนมเพื่อหลั่งน้ำนม

ต่อมไร้ท่อในร่างกายที่ถูกควบคุมกระบวนการทำงาน จากฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า มี 3 ต่อม ดังนี้

**1. ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland)**




ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไทรอยด์

(แหล่งที่มา: http://www.slideshare.net/parwaritfast/ss-58237805)

ต่อมไทรอยด์ถูกกระตุ้นจากฮอร์โมน TSH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เพื่อให้มีการสร้าง**ฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxin)** โดยใช้ไอโอดีนเป็นวัตถุดิบในการสร้างฮอร์โมน ซึ่งไทรอกซินมีหน้าที่สำคัญ ดังนี้

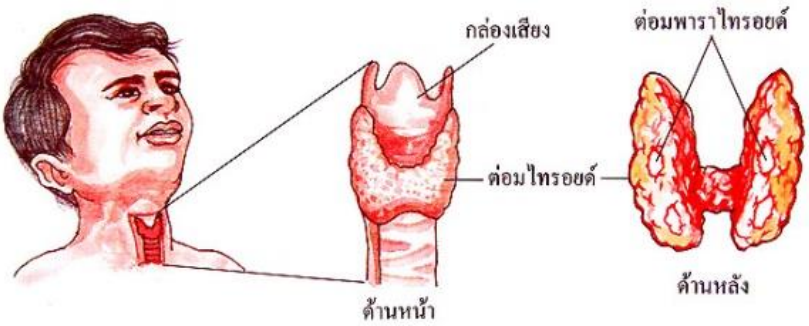
1) ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก สมอง และระบบประสาท หากมีการสร้างฮอร์โมนน้อยเกินไปในวัยเด็กจะทำให้เป็นโรคเอ๋อ (Cretinism) ในวัยผู้ใหญ่จะเป็นโรคคอหอยพอก (simple goiter) หากมีสร้างฮอร์โมนมากเกินไปจะเป็นโรคคอหอยพอกเป็นพิษ (toxic goiter)

2) ช่วยในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเป็นผู้ใหญ่

3) ช่วยควบคุมอัตราเมตาบอลิซึมในร่างกาย

นอกจากนี้ ต่อมไทรอยด์ยังสร้าง**ฮอร์โมนแคลซิโทนิน (calcitonin)** ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ลดการดูดกลับของแคลเซียมที่ไตและลดอัตราการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก

บริเวณกึ่งกลางของต่อมไทรอยด์ทั้ง 2 ข้าง มีต่อมไร้ท่อขนาดเล็กฝังอยู่ คือ **ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland)** ดังปรากฏในภาพที่ 4

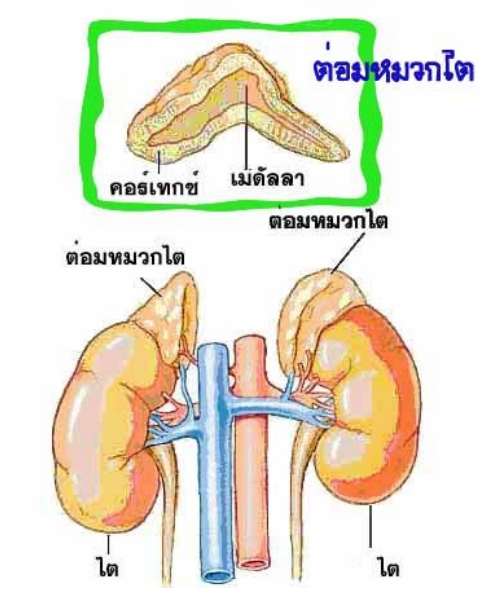



ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์

(แหล่งที่มา: http://sriphat.med.cmu.ac.th/th/knowledge-79)

ต่อมพาราไทรอยด์ผลิตฮอร์โมนที่สำคัญชื่อ พาราทอร์โมน (Parathormone) ทำหน้าที่ควบคุมเมตาบอลิซึมของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในร่างกาย การสร้างกระดูกและควบคุมบทบาทของวิตามินดีในร่างกาย โดยวิตามินดีจะรวมกับพาราทอร์โมนในการสลายแคลเซียมออกจากกระดูกไปยังน้ำเลือด (plasma) เพื่อรักษาระดับของแคลเซียมในน้ำเลือดให้เป็นปกติ

**2. ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต (Adrenal gland)**




ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมหมวกไต

(แหล่งที่มา:
http://www.il.mahidol.ac.th/emedia/hormone/chapter4/where_suprarenal.htm)

ต่อมหมวกไตเป็นต่อมไร้ท่อที่มีตำแหน่งอยู่เหนือไตทั้งของข้าง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) และต่อมหมวกไตส่วนใน (adrenal medulla)

**2.1 ต่อมหมวกไตส่วนนอก (Adrenal cortex)** ต่อมหมวกไตส่วนนอกถูกกระตุ้นการทำงานจากฮอร์โมน ACTH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ในการสร้างฮอร์โมน ดังนี้

1) Glucocorticoid hormone ทำหน้าที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต เปลี่ยนไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อให้เป็นกลูโคส ถ้ามีฮอร์โมนนี้มากเกินไป จะทำให้อ้วน อ่อนแอ หน้ากลมคล้ายดวงจันทร์ หน้าท้องลาย น้ำตาลในเลือดสูง เรียกว่า โรคคูชชิง (Cushing's syndrome)

2) Mineralocorticoid hormone ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ ฮอร์โมนสำคัญกลุ่มนี้ คือ aldosterone ช่วยในการทำงานของไตในการดูดกลับไอออนของโซเดียมและคลอรีนภายในท่อไต ถ้าขาด aldosterone จะทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำและโซเดียมไปพร้อมกับปัสสาวะ ส่งผลให้ความดันเลือดในร่างกายลดลง จนอาจทำให้เสียชีวิต

3) Sex hormone เป็นฮอร์โมนเพศ ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางเพศที่สมบูรณ์ทั้งชายและหญิง

**2.2 ต่อมหมวกไตส่วนใน (Adrenal medulla )** เป็นเนื้อชั้นในของต่อมหมวกไต ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน 2 ชนิด คือ

1) Adrenalin หรือ Epinephrine กระตุ้นให้หัวใจบีบตัวแรง เส้นเลือดขยายตัว เปลี่ยนไกลโคเจนในตับให้เป็นกลูโคส แล้วส่งออกสู่กระแสเลือด

2) Noradrenalin หรือ Norepinephrine กระตุ้นให้เส้นเลือดมีการบีบตัว ผลอื่นคล้าย adrenalin แต่ฤทธิ์น้อยกว่า

**3. ต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ (Endocrine gland in sex organ)**

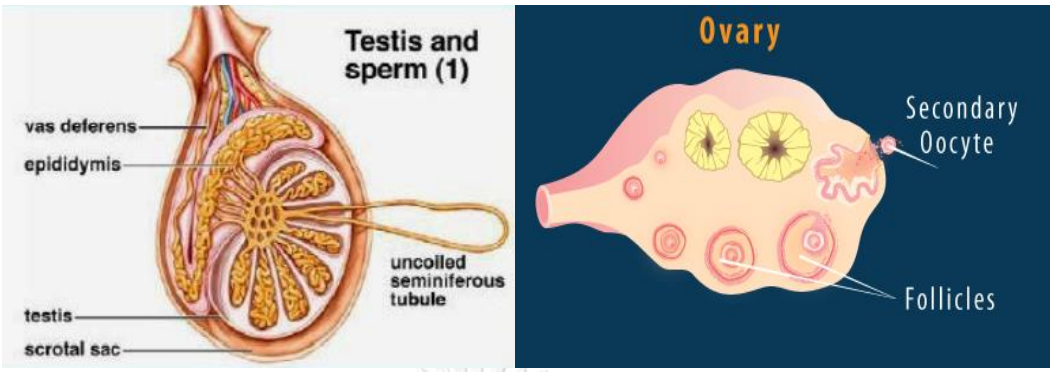
อวัยวะเพศในเพศชาย คือ อัณฑะ (testis) ในเพศหญิง คือ รังไข่ (ovary) ซึ่งที่ถูกกระตุ้นโดยฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ได้แก่ FSH และ LH ในการสร้างฮอร์โมนเพศ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และการเจริญของเนื้อเยื่อที่อวัยวะเพศ

**3.1 เพศชาย** ถูกกระตุ้นโดย FSH ในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธ์ และถูกกระตุ้นโดย LH ในการสร้างฮอร์โมนเพศชาย (androgen) โดยเฉพาะฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น ควบคุมการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ ควบคุมลักษณะของความเป็นเพศชาย

**3.2 เพศหญิง** LH กระตุ้นในการเจริญของคอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum) และการตกไข่ ส่วน FSH กระตุ้นการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์และการสร้างฮอร์โมนเพศหญิง คือ เอสโทรเจน (estrogen) และโพรเจสเตอโรน (progesterone) โดยเอสโทรเจนทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ ควบคุมลักษณะของความเป็นเพศหญิง ส่วนโพรเจสเทอโรนทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญของ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เยื่อบุผนังมดลูก และระงับไม่ให้มีการตกไข่ระหว่างตั้งครรภ์ เพื่อป้องกันไม่ให้มีประจำเดือนระหว่างตั้งครรภ์




ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างของอัณฑะ (ซ้าย) และรังไข่ (ขวา)

(แหล่งที่มา: http://4-anatomy.blogspot.com/2014/12/gonad.html )

สภาวะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อบริเวณรังไข่และมดลูกของเพศหญิงที่เกิดขึ้นทุกๆ เดือนตั้งแต่เริ่มเข้าสู่วัยรุ่น เรียกว่า รอบประจำเดือน (menstrual cycle) เกิดจากการทำงานร่วมกันของฮอร์โมน 4 ชนิด คือ LH กับ FSH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า และเอสโทรเจน กับโพรเจสเทอโรน ที่หลั่งจากต่อมไร้ท่อที่รังไข่

**2. ด้านกระบวนการ**

1) ความสามารถในการสื่อสาร: การอภิปรายกลุ่มย่อย
2) ความสามารถในการคิด: การเชื่อมโยงกระบวนการทำงานของต่อมไร้ท่อ
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา: -
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต: การนับระยะของประจำเดือนของตนเอง และเชื่อมโยงสู่การนับระยะปลอดภัยในการป้องกันการตั้งครรภ์
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี: การสืบค้นข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ

**3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1) มีความรับผิดชอบ
2) มุ่งมั่นในการทำงาน
3) รับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม

**กิจกรรมการเรียนรู้**

**1. ขั้นสืบค้นความรู้เดิม (10 นาที)**

1. ครูใช้คำถาม เพื่อทบความรู้สำคัญดังนี้

1.1 ระบบต่อมไร้ท่อมีหน้าที่อย่างไร *(สร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย)*

1.2 ระบบต่อมไร้ท่อมีความสำคัญอย่างไร *(ทำให้สมดุลในร่างกายและการเจริญเติบโตเป็นปกติ)*

1.3 นักเรียนคิดว่าระบบต่อมไร้ท่อมีหน้าที่ที่ซ้ำซ้อนกับระบบประสาทหรือไม่ อย่างไร *(ไม่ซ้ำซ้อนกัน เพราะระบบต่อมไร้ท่อควบคุมกระบวนการในระยะยาว ในขณะที่ระบบประสาทควบคุมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระยะสั้น)*

1.4 การทำงานของระบบต่อมไร้ท่อมีความสัมพันธ์กับระบบประสาทหรือไม่ อย่างไร *(สัมพันธ์กัน โดยการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อจะถูกควบคุมด้วยสมอง ซึ่งเป็นระบบประสาทส่วนกลาง)*

3. นักเรียนแต่ละคนสร้างแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ความสัมพันธ์ของสมองกับระบบต่อมไร้ท่อ เพื่อเป็นการสืบค้นถึงความรู้ที่สำคัญต่อการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้

4. ครูเชื่อมโยงความรู้สำคัญจากผังมโนทัศน์ของนักเรียน สู่เนื้อหาของบทเรียนว่า ระบบต่อมไร้ท่อมีความสัมพันธ์กับระบบประสาท เนื่องจากการสร้างฮอร์โมนของระบบต่อมไร้ท่อถูกควบคุมโดยไฮโพทาลามัส ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้

**2. ขั้นทำความรู้จักแนวคิดเชิงระบบ (15 นาที)**

1. ครูนำการสนทนา โดยนำน้ำดื่มบรรจุขวดปริมาตร 330 มิลลิลิตร มาวางหน้าชั้นให้นักเรียนดู

แล้วใช้คำถาม เพื่อเปิดประเด็นเกี่ยวกับกระบวนการในชีวิตประจำวัน เรื่อง การกระหายน้ำ ดังนี้

1.1 นักเรียนเคยดื่มน้ำหมดทั้งขวดในครั้งเดียวหรือไม่ *(เคย/ไม่เคย)*

1.2 เพราะเหตุใด นักเรียนบางคนจึงสามารถดื่มน้ำปริมาณมากในครั้งเดียวได้ *(เพราะเหนื่อย/หิวน้ำ/กระหายน้ำ)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 ความรู้สึกกระหายน้ำเกิดได้อย่างไร *(คำตอบของนักเรียนเป็นไปตามความเข้าใจ ครูทำหน้าที่เชื่อมโยงคำตอบสู่กิจกรรมถัดไป)*

2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายทั้งชั้นเรียนเกี่ยวกับองค์ประกอบของร่างกาย และกระบวนการของการกระหายน้ำ ตามประเด็นต่อไปนี้

2.1 สาเหตุของการกระหายน้ำ *(ปริมาณน้ำในกระแสเลือดที่ลดลง ทำให้น้ำเลือดมีความเข้มข้นสูงขึ้น ส่งสัญญาณไปยังสมองส่วนไฮโพทาลามัส ให้รู้สึกกระหายน้ำ)*

2.1 อวัยวะ/ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการกระหายน้ำ *(สมองส่วนไฮโพทาลามัส/ต่อมใต้สมองส่วนหลัง และฮอร์โมน ADH)*

2.3 กระบวนการตอบสนองของร่างกาย *(ต่อมใต้สมองหลั่งฮอร์โมน ADH ที่สร้างจากไฮโพทาลามัส แล้วกระตุ้นให้ท่อหน่วยไตเกิดการดูดน้ำกลับคืนสู่กระแสเลือด นอกจากนี้ ยังกระตุ้นให้เกิดความรู้สึกกระหายน้ำ จึงทำให้มีพฤติกรรมตอบสนองด้วยการดื่มน้ำเพื่อดับกระหาย)*

**3. ขั้นสร้างแรงจูงใจ (14 นาที)**

1. ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียน โดยใช้สื่อวีดิทัศน์ เรื่อง “Did You Know ดื่มน้ำมากเกินไปเป็นอันตรายหรือไม่” ระยะเวลา 4 นาที แล้วใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงสู่กิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป ดังนี้

1.1 การดื่มน้ำมากเกินไป ส่งผลเสียต่ออวัยวะใดมากที่สุด *(ไต)*

1.2 เพราะเหตุใดเมื่อมีการดื่มน้ำมากๆ จะทำให้มีปริมาณของน้ำในปัสสาวะมากขึ้นตาม *(ร่างกายมีการรักษาสมดุลของปริมาณน้ำให้พอเหมาะ โดยการกำจัดน้ำส่วนเกินออกทางปัสสาวะ)*

1.3 หากร่างกายสูญเสียสมดุลของการรักษาระดับน้ำ จะเกิดผลอย่างไร *(ปริมาณน้ำในร่างกายจะไม่สมดุล ซึ่งอาจมีมากเกินไป หรือมีน้อยเกินไป จนเกิดอาการผิดปกติ)*

2. นักเรียนแต่ละคนศึกษาบทความ เรื่องโรคเบาจืด (Diabetes insipidus)

3. นักเรียนเชื่อมโยงองค์ประกอบและกระบวนการของการรักษาสมดุลน้ำในร่างกาย ทั้งจากกรณีของการกระหายน้ำ และกรณีโรคเบาจืด โดยเขียนแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ เรื่อง การรักษาสมดุลน้ำในร่างกาย ลงในกรอบแผนผังที่ครูจัดเตรียมไว้

4. ครูเพิ่มเติมว่า ไฮโพทาลามัสควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง โดยสร้างฮอร์โมนประสาท (neurohormone) ส่งผ่านกระแสเลือดไปที่ต่อมใต้สมองเพื่อกระตุ้นหรือยังยั้งการสร้างฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง เมื่อปริมาณฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองเพิ่มมากขึ้น จะมีผลย้อนกลับไปยับยั้งการหลั่งฮอร์โมนประสาทจากไฮโพทาลามัส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. ครูเชื่อมโยงสู่เนื้อหาหลักของบทเรียนว่า ต่อมใต้สมองนอกจากจะทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการกระหายน้ำ และสมดุลของน้ำในร่างกายแล้ว ยังทำหน้าที่ควบคุมต่อมไร้ท่ออื่นๆ ในร่างกาย ตลอดจนควบคุมกระบวนการทำงานของร่างกายหลายๆ กระบวนการด้วย

**4. ขั้นบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ (120 นาที)**

1. ครูใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ jigsaw โดยมีขั้นตอน ดังนี้

1.1 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน (home group)

1.2 ให้แต่ละกลุ่มจัดแบ่งสมาชิกมาทำการศึกษาข้อมูลร่วมกับสมาชิกกลุ่มอื่น จะได้กลุ่มใหม่ที่สมาชิกมาจากคนละกลุ่ม เพื่อมาศึกษาหัวข้อเดียวกัน (expert group) โดยมีทั้งหมด 5 หัวข้อต่อไปนี้

- ต่อมใต้สมองกับต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์
- ต่อมใต้สมองกับต่อมหมวกไต
- ต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ
- ต่อมใต้สมองกับการรักษาสมดุลน้ำในร่างกาย
- ต่อมใต้สมองกับการเจริญเติบโตของร่างกาย

1.3 สมาชิกแต่ละกลุ่ม (expert group) จะต้องทำการศึกษาข้อมูลที่ครูจัดเตรียมไว้ และสามารถอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ร่วมกันในประเด็นต่อไปนี้

- ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกาย
- ความสัมพันธ์ระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อที่ได้ศึกษา
- ชื่อฮอร์โมนที่สร้าง
- กลไกการทำงานของฮอร์โมน
- ผลของฮอร์โมนที่มีต่อการดำรงชีวิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 เมื่อเสร็จสิ้นการศึกษาและอภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อแล้ว นักเรียนกลับสู่กลุ่มเดิม (home group) แล้วทำการแบ่งปันและแลกเปลี่ยนความรู้ที่สมาชิกแต่ละคนได้รับมา

1.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรม โดยสร้างแผนผังสรุปความรู้ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต กลุ่มละ 1 แผนผัง แล้วทุกกลุ่มนำแผนผังออกมาติดไว้ที่กระดาน

1.6 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาการสรุปความรู้ของเพื่อนร่วมชั้น และทำหน้าที่เติมเต็มแก้ไขความเข้าใจในส่วนที่ผิดพลาด หรือขาดหายไป

2. ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมอง และระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อต่างๆ ดังนี้

2.1 ต่อมใต้สมองถูกควบคุมการทำงานจากโครงสร้างใดของระบบประสาท *(ไฮโพทาลามัส)*

2.2 ไฮโพทาลามัส ควบคุมการทำงานของต่อมใต้สมองอย่างไร *(สร้างฮอร์โมนประสาทมากระตุ้นให้ต่อมใต้สมองหลั่งฮอร์โมน)*

2.3 การทำงานของฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมอง มีลักษณะอย่างไร *(ควบคุมกระบวนการในร่างกายโดยตรง หรือควบคุมให้ต่อมไร้ท่ออื่นๆ สร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมกระบวนการในร่างกายอีกต่อหนึ่ง)*

2.4 ต่อมไร้ท่อใดบ้าง ที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง *(ต่อมไทรอยด์ ต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ และต่อมหมวกไต)*

3. นักเรียนแต่ละคนเขียนบรรยายความสัมพันธ์ของกระบวนการทำงานระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อในร่างกาย

**5. ขั้นวิเคราะห์ระดับย่อยของระบบ (20 นาที)**

1. นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม เกี่ยวกับการทำงานในระดับเซลล์ของไอโพทาลามัส ต่อมใต้สมอง และต่อมไร้ท่อ รวมถึงกลไกการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์ของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้อง โดยครูแนะนำแหล่งข้อมูลทางเวปไซต์ ดังนี้

- http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/hormone/
- http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/iodine/chapter1/thyroid.htm
- http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1603

2. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อย ถึงประเด็นการทำงานในระดับเซลล์ของต่อมไร้ท่อ ทั้งการทำงานระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อที่ควบคุม และระหว่างต่อมไร้ท่อกับเซลล์เป้าหมาย โดยครูใช้คำถามเพื่อนำให้นักเรียนวิเคราะห์ ดังนี้

2.1 ฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมอง มีการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์อย่างไร *(ออกฤทธิ์ที่ตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากเป็น non-steroid hormone มีขนาดโมเลกุลใหญ่ จึงจับกับตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์ แล้วจึงส่งสัญญาณ (messenger) เพื่อกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาตอบสนองภายในเซลล์)*

2.2 เมื่อต่อมไร้ท่อได้รับสัญญาณจากฮอร์โมนของต่อมใต้สมอง มีการตอบสนองอย่างไร *(สร้างฮอร์โมนขึ้นมา โดยการทำงานร่วมกันของออร์แกเนล์หลายชนิดภายในเซลล์ในการสังเคราะห์โมเลกุลฮอร์โมน ได้แก่ เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม ไรโบโซม และกอลจิบอดี)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3 ต่อมไร้ท่อใดบ้าง ที่ถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง *(ต่อมไทรอยด์ ต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ และต่อมหมวกไต)*

2.4 ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อดังกล่าว มีการออกฤทธิ์ในระดับเซลล์อย่างไร *(ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์คือ ไทรอกซิน และฮอร์โมนส่วนใหญ่ที่สร้างจากต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศและต่อมหมวกไตชั้นนอก เป็นฮอร์โมนกลุ่มสเตียรอยด์ (steroid hormone) ซึ่งมีการออกฤทธิ์ที่อวัยวะเป้าหมายโดยจับกับตัวรับอยู่ภายในเซลล์ แล้วไปควบคุมกระบวนการ transcription และ translation เพื่อสร้างโปรตีน จากนั้นโปรตีนที่สร้างไปควบคุมกระบวนการของร่างกาย)*

3. ครูเชื่อมโยงไปยังกิจกรรมถัดไปว่า กระบวนการทำงานของฮอร์โมนทั้งระดับอวัยวะและระดับเซลล์มีความ สัมพันธ์กันและเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน โดยนักเรียนจะได้เรียนรู้ความสัมพันธ์ดังกล่าวในกิจกรรมต่อไป

**6. ขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ (20 นาที)**

1. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์เป็นกลุ่มย่อยในประเด็นความสัมพันธ์ของการทำงานของฮอร์โมนในระดับอวัยวะและระดับเซลล์ รวมทั้งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทำงานระหว่างต่อมไร้ท่อในระดับเดียวกันซึ่งมีการควบคุมการทำงานของกันและกัน โดยครูใช้คำถามเพื่อนำให้นักเรียนวิเคราะห์และเชื่อมโยง ดังนี้

1.1 การทำงานของฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อในระดับอวัยวะเป็นอย่างไร *(เป็นการหลั่งและลำเลียงฮอร์โมน ตลอดจนตอบสนองในระดับอวัยวะ เช่น การตอบสนองต่อฮอร์โมน progesterone โดยการหนาตัวขึ้นของผนังมดลูก การตอบสนองต่อฮอร์โมน aldosterone โดยการดูดไอออนของโซเดียมกลับคืนที่ท่อหน่วยไต เป็นต้น)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1.2 การทำงานของฮอร์โมนในระดับเซลล์เป็นอย่างไร *(เป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีของเซลล์เพื่อตอบสนองต่อสัญญาณที่ส่งมาจากฮอร์โมน หากเป็นฮอร์โมนกลุ่มสเตียรอยด์ จะมีตัวรับฮอร์โมนภายในเซลล์ แล้วส่งสัญญาณไปยังนิวเคลียสเพื่อกระตุ้นกระบวนการ transcription และ translation ส่วนฮอร์โมนกลุ่มอื่นจะส่งสัญญาณเข้าไปภายในเซลล์แล้วกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาเคมีตอบสนองที่ไซโทพลาสซึม)*

1.3 สิ่งใดเป็นตัวกลางเชื่อมโยงการทำงานระดับเซลล์และระดับอวัยวะ *(กระแสเลือดและตัวรับฮอร์โมนของเซลล์)*

2. นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้จากการอภิปรายกลุ่มย่อยมาสร้างแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ เรื่อง ต่อมใต้สมองกับกระบวนการในร่างกาย

3. นักเรียนแต่ละคนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ในคาบเรียนนี้ มาสร้างแผนผังแสดงการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อทั้งระบบ

**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**

1. เอกสารบทความ เรื่อง โรคเบาจืด (Diabetes insipidus)

2. ใบความรู้ เรื่อง ต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ

3. เว็บไซต์สำหรับสืบค้นเพิ่มเติม

- http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/hormone/
- http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/iodine/chapter1/thyroid.htm
- http://www.scimath.org/socialnetwork/groups/viewbulletin/1603

4. สื่อวีดิทัศน์ เรื่อง “Did You Know ดื่มน้ำมากเกินไปเป็นอันตรายหรือไม่” ระยะเวลา 4 นาที

5. น้ำดื่มบรรจุขวด ขนาด 600 มิลลิลิตร

**การวัดและประเมินการเรียนรู้**

1. ประเมินการระบุองค์ประกอบของระบบ และการอธิบายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบจากการเขียนบรรยายความสัมพันธ์ขององค์ประกอบ

2. ประเมินการเชื่อมโยงการทำงานของฮอร์โมนในระดับอวัยวะและระดับเซลล์ จากแผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ในขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ เรื่อง ต่อมใต้สมองและกระบวนการในร่างกาย

3. ประเมินการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ที่ใช้อธิบายการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อ จากแผนผังแสดงการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อที่นักเรียนสร้าง

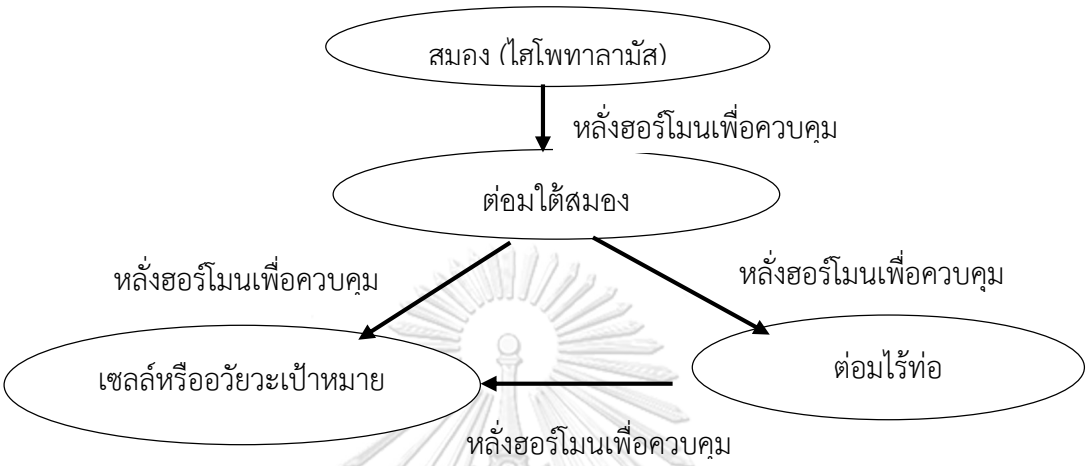
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ประเมินการนำเสนอและแสดงความคิดเห็น จากการสังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่มย่อย

**ตัวอย่างผลงานนักเรียนที่ระบุไว้ใน 3 ขั้นของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวม**

**1. ขั้นสืบค้นความรู้เดิม**

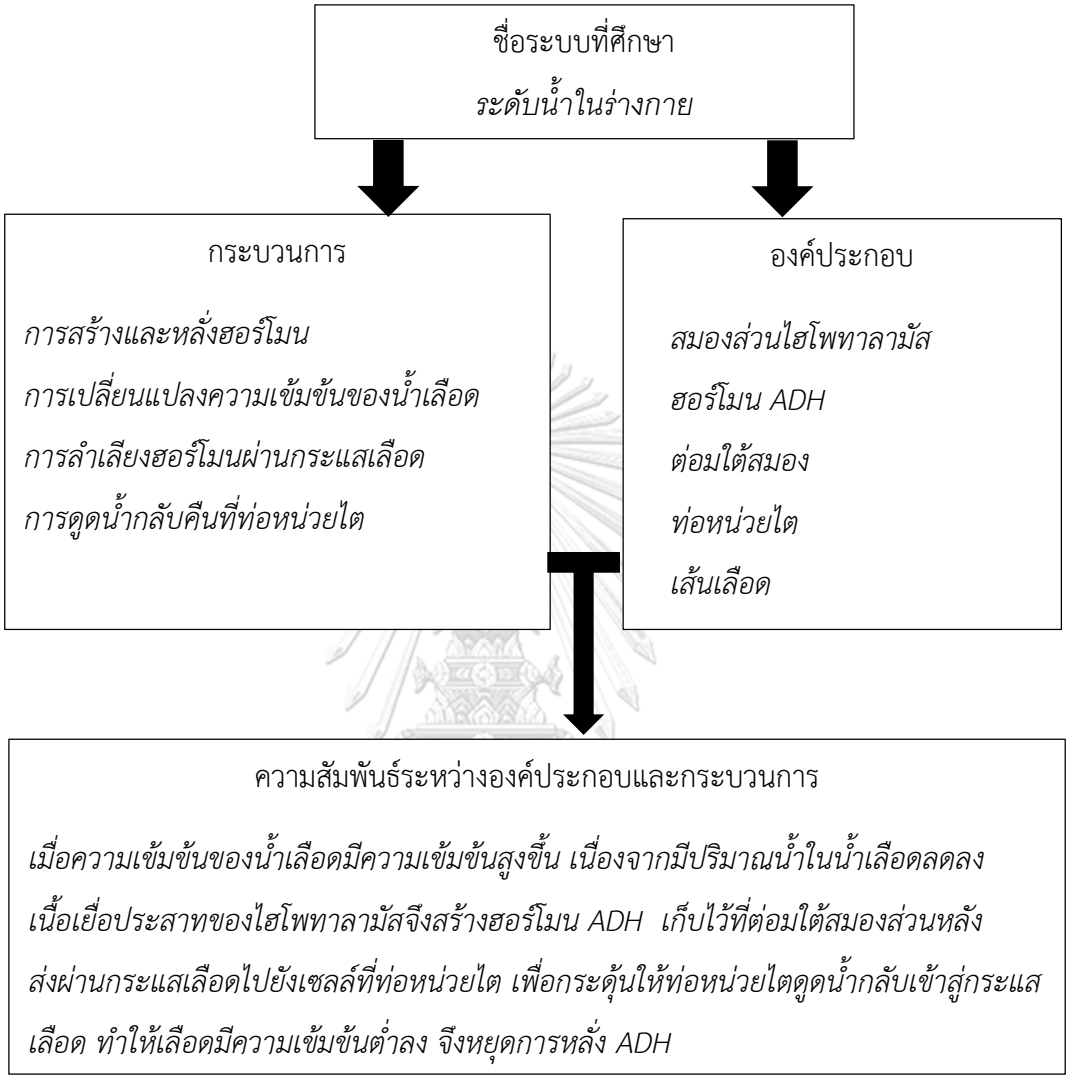
แผนผังมโนทัศน์ของความรู้เดิม เรื่อง สมองกับระบบต่อมไร้ท่อ




จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

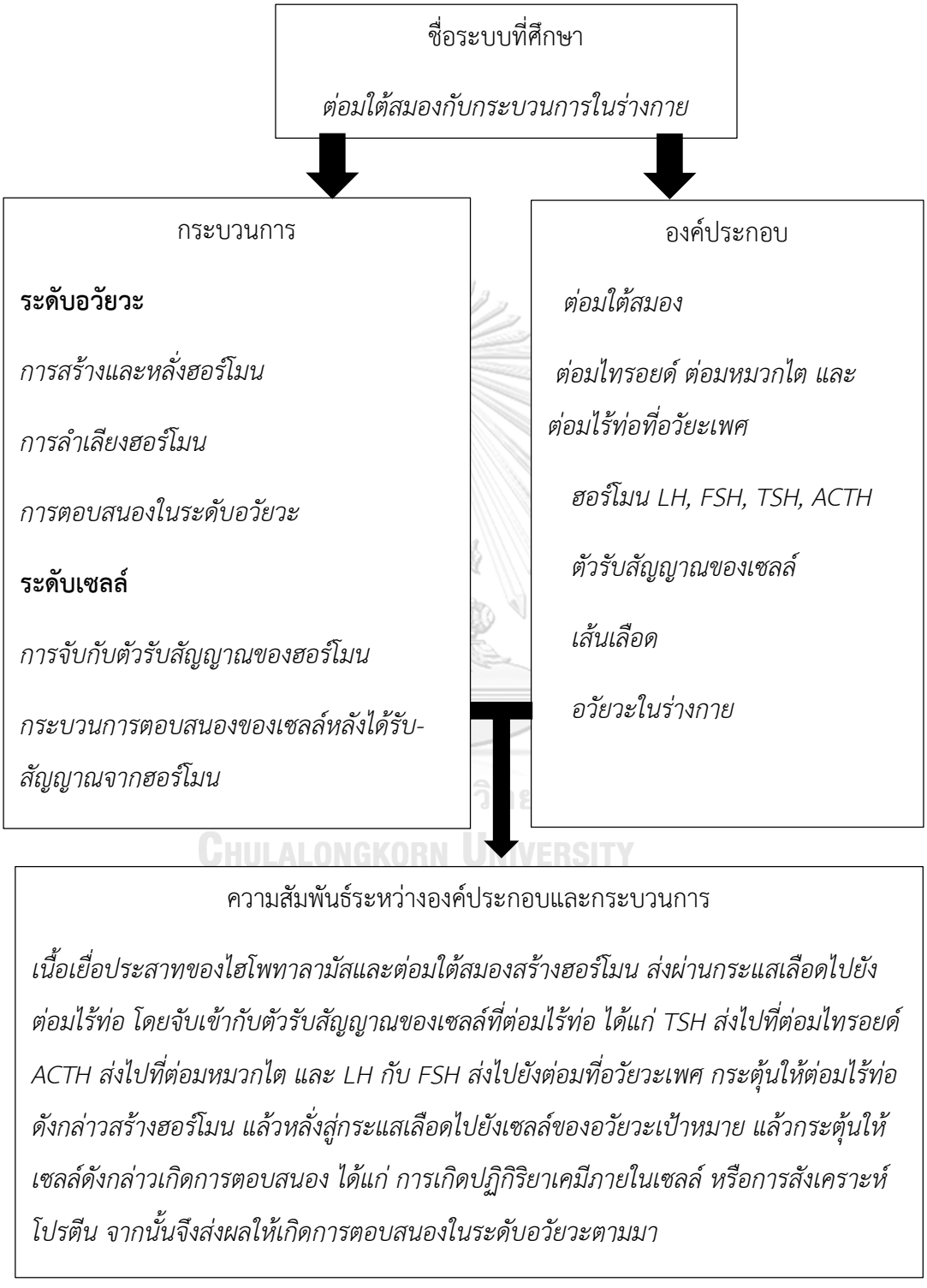
**2. ขั้นสร้างแรงจูงใจ**

แผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ เรื่อง ระดับน้ำในร่างกาย



**3. ขั้นวิเคราะห์ความซับซ้อนของระบบ**

3.1 แผนผังสรุปและจัดโครงสร้างความรู้ เรื่อง ต่อมใต้สมองกับกระบวนการในร่างกาย




CHULALONGKORN UNIVERSITY

เอกสารประกอบการเรียนรู้ รายวิชา ว32241 ชีววิทยา 1 (เพิ่มเติม)
เรื่อง ต่อมใต้สมอง และต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง

# เบาจืด (Diabetes insipidus)

*ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์*
*หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี*
*บทความจาก http://haamor.com*

**โรคเบาจืดคืออะไร**

เบาจืด (Diabetes insipidus) หรือเรียกย่อว่า DI คือ ภาวะหรือโรคที่ผู้ป่วยมีอาการปัสสาวะปริมาณสูงมากกว่า 2.5 ลิตรต่อวัน (คนปกติจะปัสสาวะวันละประมาณ 1 - 2 ลิตร) ทั้งนี้ปัสสาวะจะเจือจางมาก ปริมาณสารต่างๆ ในปัสสาวะจะลดน้อยกว่าปกติมาก ส่วนประกอบเกือบทั้งหมดของปัสสาวะจะเป็นน้ำ ดังนั้นผู้ป่วยโรคนี้จึงมักมีอาการกระหายน้ำมาก/ภาวะขาดน้ำร่วมด้วยเสมอ

**โรคเบาจืดเกิดได้อย่างไร**

ในภาวะปกติ การควบคุมปริมาณปัสสาวะขึ้นอยู่กับฮอร์โมนชื่อ วาโสเพรสซิน หรือ เอดีเอช (Vasopressin หรือ Antidiuretic hormone: ADH) ซึ่งสร้างจากสมองส่วน ไฮโปธาลามัส (Hypothalamus ) และถูกนำมาเก็บไว้ที่ส่วนหลังของต่อมใต้สมอง (Posterior lobe of pituitary gland) เพื่อหลั่งออกมาควบคุมการทำงานของท่อหน่วยไต ให้ดูดซึมน้ำกลับเข้าสู่ร่างกายให้อยู่ในสมดุล ไม่ปล่อยออกมาเป็นปัสสาวะทั้งหมด

ดังนั้น เมื่อสมดุลในกระบวนการนี้เสียไป อาจโดยการสร้างวาโซเพรสซินลดลง หรือเซลล์ไตไม่ตอบสนองต่อวาโซเพรสซิน ไตจึงไม่สามารถดูดซึมน้ำกลับเข้าร่างกายได้หลังจากเลือดผ่านไต ปริมาณปัสสาวะจึงเพิ่มขึ้นมากผิดปกติ ซึ่งเรียกภาวะนี้ว่า “เบาจืด”

**กลไกของการเกิดโรคเบาจืด**

แบ่งตามกลไกการเกิดโรคเบาจืด ได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

1. จากความผิดปกติทางสมอง (Neurogenic diabetes insipidus) เป็นรูปแบบที่พบได้บ่อยที่สุด เกิดจากพยาธิสภาพหรือโรคในสมองที่ส่งผลให้การสร้างฮอร์โมนวาโซเพรสซินลดน้อยลง เช่น โรคเนื้องอกและมะเร็งสมอง โรคเนื้องอกต่อมใต้สมอง การผ่าตัดสมอง หรือจากอุบัติเหตุของสมอง

2. จากความผิดปกติทางไต (Nephrogenic diabetes insipidus) เป็นรูปบบที่พบได้น้อย เกิดจากไตไม่ตอบสนอง หรือตอบสนองได้น้อยต่อฮอร์โมนวาโซเพรสซิน เช่น จากพันธุกรรม หรือจากผลข้างเคียงของยารักษาโรคบางชนิด เช่น ยา Phenytoin ที่ใช้รักษาอาการชัก

3. จากความผิดปกติในการกระหายน้ำ (Dipsogenic diabetes insipidus) รูปบบนี้พบได้น้อยมากๆ โดยเกิดจากความผิดปกติของสมองไฮโปธาลามัสซึ่งนอกจากสร้างฮอร์โมน วาโซเพรสซินและฮอร์โมนอีกหลายชนิดแล้ว ยังควบคุมเกี่ยวกับอารมณ์และจิตใจด้วย ซึ่งเมื่อเกิดความผิดปกติทางอารมณ์และจิตใจ ที่ก่อให้เกิดการกระหายน้ำอย่างมาก ผู้ป่วยจึงดื่มน้ำในปริมาณมหาศาล ส่งผลให้ปัสสาวะเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำที่ดื่ม

4. จากการตั้งครรภ์ (Gestational diabetes insipidus) รูปแบบนี้พบได้น้อยมากเช่นกัน โดยเกิดได้จากในขณะตั้งครรภ์ รกจะสร้างเอนไซม์ชื่อ Vasopressinase ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำลายฮอร์โมนวาโซเพรสซิน ส่งผลให้ปริมาณฮอร์โมนวาโซเพรสซินลดลง ไตจึงดูดซึมน้ำกลับเข้าร่างกายน้อยลง ปัสสาวะจึงมีปริมาณสูงขึ้น ซึ่งโรคจากสาเหตุนี้จะหายได้เองภายหลังการคลอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**เมื่อเป็นโรคเบาจืด ควรดูแลตนเองอย่างไร และควรพบแพทย์เมื่อไร**

เมื่อมีอาการปัสสาวะมาก โดยเฉพาะเมื่อร่วมกับกระหายน้ำมาก ควรพบแพทย์เพื่อวินิจฉัยหาสาเหตุ แต่เนิ่นๆ ซึ่งจะช่วยให้การรักษามีประสิทธิภาพดีขึ้น โอกาสควบคุมรักษาโรคได้จึงสูงขึ้น

เมื่อทราบว่าเป็นเบาจืดแล้ว การดูแลตนเองที่บ้านและการพบแพทย์ คือ

- ปฏิบัติตามที่แพทย์แนะนำ และกินยา ใช้ยาต่างๆ ที่แพทย์สั่งให้ถูกต้องและครบถ้วน และไปพบแพทย์ตามนัดเสมอ
- พักผ่อนให้เพียงพอ โดยดื่มน้ำให้น้อยลง หรืองดดื่มน้ำก่อนเข้านอนอย่างน้อย 2 -3 ชั่วโมง เพื่อลดการตื่นมาปัสสาวะ แต่ให้ดื่มน้ำในช่วงเช้าและกลางวันให้เพียงพอ

เอกสารประกอบการเรียนรู้ รายวิชา ว32241 ชีววิทยาเพิ่มเติม 2

เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ

# ต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์ (Thyroid and Parathyroid)

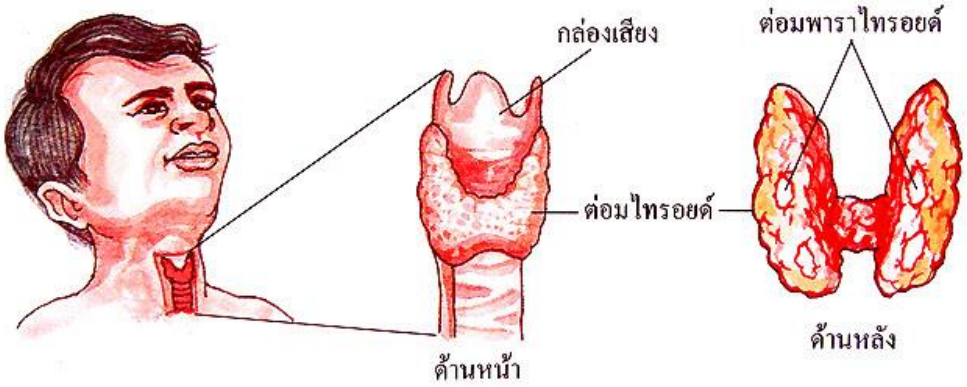
*ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์*

*หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี*

*บทความจาก http://haamor.com*

## ต่อมไทรอยด์ (Thyroid Gland)

ต่อมไทรอยด์เป็นต่อมไร้ท่อซึ่งอยู่บริเวณลำคอ เป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีน้ำหนักประมาณ 25 กรัม เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) ที่อยู่ที่ฐานของคอหอย แบ่งออกเป็น 2 พู เชื่อมกันตรงกลาง




CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต่อมไทรอยด์ทำงานภายใต้การควบคุมของต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior lobe of pituitary gland) และไฮโพทาลามัส (hypothalamus) ซึ่งทั้งต่อมใต้สมองและสมองไฮโพทาลามัสยังควบคุมการทำงานของอวัยวะอื่นๆ ด้วยเช่น ต่อมหมวกไต รังไข่ และอัณฑะ และยังมีความสัมพันธ์กับอารมณ์และจิตใจ ดังนั้นการทำงานของต่อมไทรอยด์ รวมทั้งโรคหรือภาวะผิด ปกติต่างๆ ของต่อมไทรอยด์จึงสัมพันธ์กับการทำงานและโรคต่างๆของอวัยวะเหล่านั้น รวมทั้งความสัมพันธ์กับอารมณ์และจิตใจ

ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์มี 2 กลุ่ม คือ

1.ไทรอกซิน (thyroxin) และไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine) ผลิตมาจากฟอลลิคิว-ลาร์เซลล์ ถูกสังเคราะห์จากกรดอะมิโนไทโรซีน (thyrosine) และไอโอดีน โดยไทรอกซินมีไอโอดีน 4 อะตอม จึงมักเรียกอีก ชื่อว่า $T_4$ ส่วนไตรไอโอโดไทโรนีนมีไอโอดีน 3 อะตอม จึงมักเรียกอีกชื่อว่า $T_3$ ทั้ง$T_3$ และ$T_4$ จะมีผลต่อร่างกายเหมือนกัน โดย$T_3$ มีฤทธิ์มากกว่า$T_4$ ประมาณ 4 เท่า แต่ภาวะปกติฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ส่วนใหญ่จะพบในรูปของ$T_4$ $T_3$ และ $T_4$ ทำหน้าที่กระตุ้นอัตราเมตาบอลิ-ซึมของเซลล์ และเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย ทำหน้าที่ร่วมกับ growth hormone ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนั้นยังควบคุมพัฒนาการของเซลล์ (cell differentiation) โดยเฉพาะพัฒนาการของเซลล์สมอง

ความผิดปกติเกี่ยวกับฮอร์โมนไทรอกซิน

**1.เด็ก** ขาดฮอร์โมนไทรอกซิน >> มีอาการปัญญาอ่อน แขน ขาสั้น หน้าและ มือ บวม ผิวหยาบแห้ง ผมบาง ไม่เจริญเติบโต รูปร่างเตี้ยแคระ เรียกกลุ่มอาการนี้ว่า โรคเอ๋อ หรือครีทินิซึม (cretinism)

**2.ผู้ใหญ่** ขาดฮอร์โมนไทรอกซิน >> ทำให้อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย เซื่องซึม เคลื่อน ไหวช้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง ร่างกายอ่อนแอ ติดเชื้อได้ง่าย หัวใจเต้นช้า ทนหนาวไม่ได้ ผิวหนังบวมน้ำ มีคอเลสเทอรอลสูง หน้าบวม อ้วน ทำให้น้ำหนักเพิ่ม ผมและผิวแห้ง สมองจะทำงานช้าลง ปฏิกิริยาโต้ตอบช้าหรือถึงขั้นความจำเสื่อม ประจำเดือนผิดปกติ เรียกกลุ่มอาการดังกล่าวนี้ว่า มิกซีดีมา (myxedema)

ถ้าร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียง พอจะส่งผลให้มีการผลิตไทรอกซินได้น้อย ทำให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่งฮอร์โมน TSH เพิ่มมากขึ้นเพื่อไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มมากขึ้น จนต่อมไทรอยด์ทำงานมากเกินไป ต่อมจะขยายขนาดโตขึ้นทำให้เกิด เป็นโรคคอพอก (simple goiter) มีฮอร์โมนไทรอกซินมากเกิน >> จะทำให้เกิดอาการที่เรียกว่าไทรอยด์เป็นพิษ หรือโรคคอพอกเป็นพิษ (toxic goiter) จะทำให้ร่างกายมีอัตราการเกิดเมตาบอลิซึมสูงกว่าปกติ อาการเหมือนมีการสร้างพลังงานหรือกระตุ้นประสาทซิมพาเทติกทำงานมากเกินไป ได้แก่ หงุดหงิด นอนไม่หลับ ตื่นเต้นง่าย มีการเผาผลาญโปรตีนมาก ทำให้อ่อนเพลีย อาจมีอาการคอพอกแต่ไม่มากและตาโปน เนื่องจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหลังลูกตาอ่อนกำลังลง เรียกว่า Graves' disease

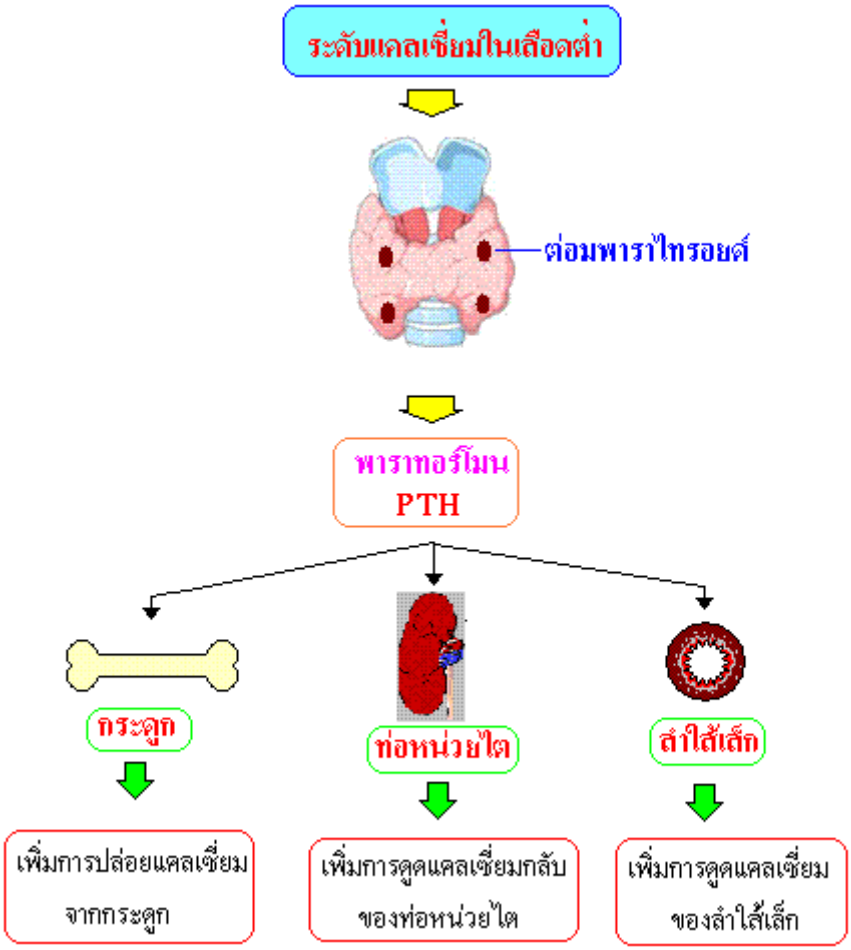
2.แคลซิโทนิน (Calcitonin) ถูกผลิตและหลั่งจากพาราฟอลลิเคิลเซลล์ มีหน้าที่ลดปริมาณแคลเซียมและฟอสเฟสในเลือด ซึ่งจะออกฤทธิ์ที่กระดูกและไต โดยเพิ่มการนำแคลเซียมเข้าสู่กระดูกและลดการสลายของกระดูก นอกจากนั้น จะเพิ่มการขับถ่ายฟอสเฟสทางไต แคลซิโทนิน จะทำ

หน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนจากต่อม พาราไทรอยด์ และ วิตามิน D ในการรักษาสมดุลของแคลเซียมและฟอสเฟสในร่างกาย

**ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Gland)**

ต่อมพาราไทรอยด์ เป็นต่อมเล็กๆ มีทั้งหมด 4 ต่อมโดยที่อยู่ติดกับด้านหลังของต่อมไทรอยด์ ซึ่งพบข้างละ 2 ต่อม มีความสำคัญในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเท่านั้น

ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone: PTH) หรือ พาราทอร์โมน (parathormone) ทำให้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม ($Ca^{2+}$) ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น และลดระดับของฟอสเฟตที่กระดูก ไต และลำไส้เล็ก เพิ่มกระบวนการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก และยับยั้งกระบวนการสร้างกระดูก ในขณะเดียวกันก็เพิ่มการดูดกลับของแคลเซียมที่ไต ทำให้ระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น กระตุ้นการขับฟอสเฟตออกไปกับปัสสาวะ เร่งอัตราการดูดซึมแคลเซียมจากอาหารที่ลำไส้เล็กโดยการทำงานร่วมกับวิตามินดี



ความผิดปกติของพาราทอร์โมน คือ ถ้าหากมีฮอร์โมนนี้น้อยเกินไปจะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดต่ำ การดูดซึมแคลเซียมกลับที่ไตลดน้อยลง จะทำให้ระบบประสาทและกล้ามเนื้อไวต่อสิ่งเร้า มีอาการชาตามมือเท้า กล้ามเนื้อหดรัดตัว เกร็ง เป็นตะคริวที่มือและเท้า มีอาการชักกระตุก (tetany) บริเวณหน้า ปอดไม่ทำงาน และเสียชีวิตได้ แต่ถ้ามีฮอร์โมนนี้มากเกินไป จะทำให้ระดับแคลเซียมในเลือดสูง ระดับฟอสเฟตต่ำ จะทำให้เกิดนิ่วที่ไต กระดูกเปราะบาง เนื่องจากมีการสลายของแคลเซียมที่กระดูกมาก ความผิดปกติเหล่านี้อาจเกิดจากมีเนื้องอกที่ต่อมพาราไทรอยด์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยารายคาบแบบทั่วไป**

**เรื่อง ต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง**

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชา ชีววิทยาเพิ่มเติม 2

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 คาบ ระยะเวลา 200 นาที

ผู้สอน นายอิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์

.....

**สาระสำคัญ**

ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) มีตำแหน่งอยู่ที่ส่วนล่างของสมองส่วนไฮโพทาลามัส แบ่งได้ 3 ส่วน คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ต่อมใต้สมองทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนเพื่อไปควบคุมกระบวนการทำงานของร่างกายและต่อมไร้ท่ออื่นๆ รวมถึงเก็บและหลั่งฮอร์โมนที่สร้างจากไฮโพทาลามัส ต่อมไร้ท่อในร่างกายที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง ได้แก่ ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ เมื่อระดับของฮอร์โมนที่หลั่งออกมาไม่สมดุล จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการในร่างกาย

**จุดประสงค์การเรียนรู้**

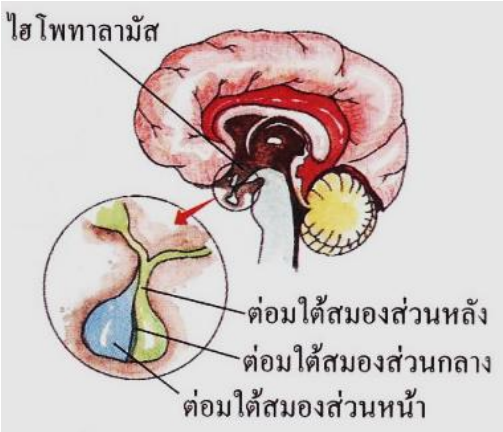
เมื่อจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. บอกตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมใต้สมองได้
2. บอกชื่อฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองได้
3. อธิบายหน้าที่ของฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองได้
4. บอกชื่อต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองได้
5. อธิบายการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองได้
6. นำเสนอข้อมูลและข้อคิดเห็นในการอภิปรายร่วมกันได้

**สาระการเรียนรู้**

**1. ด้านความรู้**

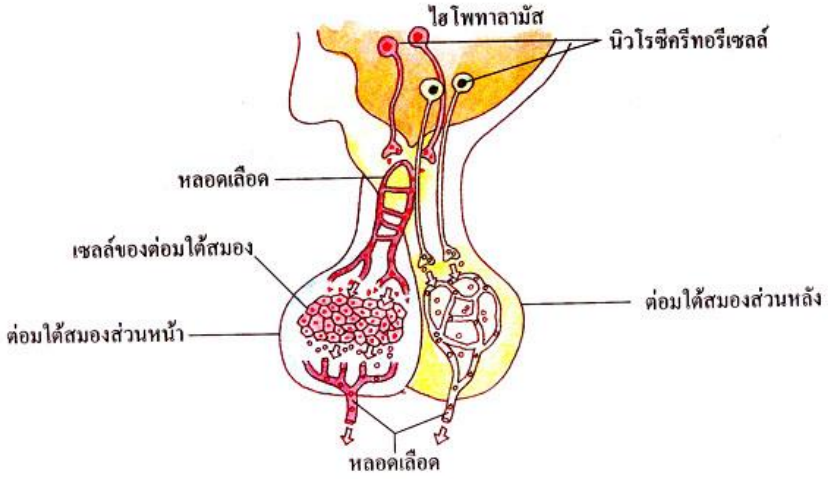
ต่อมใต้สมอง (pituitary gland) เป็นต่อมที่อยู่ติดกับส่วนล่างของสมองส่วนไฮโพทาลามัส แบ่งได้ 3 ส่วน คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง




ภาพที่ 1 ตำแหน่งของต่อมใต้สมอง

(แหล่งที่มา: https://kroopantong.files.wordpress.com)

ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและส่วนกลางเจริญมาจากเนื้อเยื่อชนิดเดียวกันตั้งแต่ในระยะเอ็มบริโอ ทำหน้าที่ผลิตและหลั่งฮอร์โมน ในขณะที่ต่อมใต้สมองส่วนหลังเป็นส่วนหนึ่งของเนื้อเยื่อประสาท แต่รับฮอร์โมนที่สร้างจากเซลล์นิวโรซีครีทอรี (neurosecretory cell) ของไฮโพทาลามัส แล้วหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดไปยังเซลล์ของอวัยวะเป้าหมาย




ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างไฮโพทาลามัสกับต่อมใต้สมองในการสร้างและหลั่งฮอร์โมน

(แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/lesson/1407)

ต่อมใต้สมองสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพื่อควบคุมของต่อมไร้ท่ออื่นๆ ตลอดจนกระบวนการทำงานของร่างกาย ดังนี้

1. ต่อมใต้สมองส่วนหน้า สร้างฮอร์โมนที่สำคัญดังนี้

1) Growth Hormone (GH) ควบคุมการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยเฉพาะกระดูกและกล้ามเนื้อ หากมีการสร้าง GH น้อยเกินไปในวัยเด็กจะทำให้มีอาการเตี้ยแคระ (Dwarfism) ในขณะเดียวกัน หากสร้างมากเกินไปจะมีร่างกายที่สูงผิดปกติ (Gigantism) แต่ถ้าหากมีการสร้างฮอร์โมนมากเกินไปเมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้ว จะเป็นโรคอะโครเมกาลี (Acromegaly)

2) Gonadotropin มี 2 ฮอร์โมนที่สำคัญ คือ follicle stimulating hormone (FSH) และ luteinizing hormone (LH) กระตุ้นการเจริญของอวัยวะเพศ การสร้างฮอร์โมนเพศและเซลล์สืบพันธุ์

3) Adrenocorticotrophic Hormone (ACTH) กระตุ้นต่อมหมวกไตส่วนนอกให้สร้างฮอร์โมนตามปกติ

4) Thyroid Stimulating Hormone (TSH) กระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มขึ้น

5) Prolactin กระตุ้นต่อมน้ำนมของแม่ลูกอ่อนให้สร้างน้ำนม

2. ต่อมใต้สมองส่วนกลาง สร้าง melanocyte stimulating hormone (MSH ) ทำหน้าที่กระตุ้นเซลล์เมลาโนไซต์ (melanocyte) ซึ่งเป็นเซลล์ที่แทรกอยู่ระหว่างหนังกำพร้า (epidermis) และหนังแท้ (dermis) ให้สังเคราะห์สารสีน้ำตาลเข้มที่เรียกว่า เมลานิน (melanin) นอกจากนั้น MSH ยังกระตุ้นให้เมลานิน กระจายตัวออกไปทั่วเซลล์ เป็นให้สีผิวเข้มขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฮอร์โมนนี้มีบทบาทเด่นชัดในสัตว์จำพวกปลา สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำและสัตว์เลื้อยคลานบางชนิด ส่วนในคน ต่อมใต้สมองส่วนกลางจะมีขนาดเล็กมาก และจัดเป็นส่วนหนึ่งของต่อมใต้สมองส่วนหน้า ทำหน้าที่ผลิตและหลั่ง MSH แต่ไม่มีบทบาทหน้าที่ที่ชัดเจน

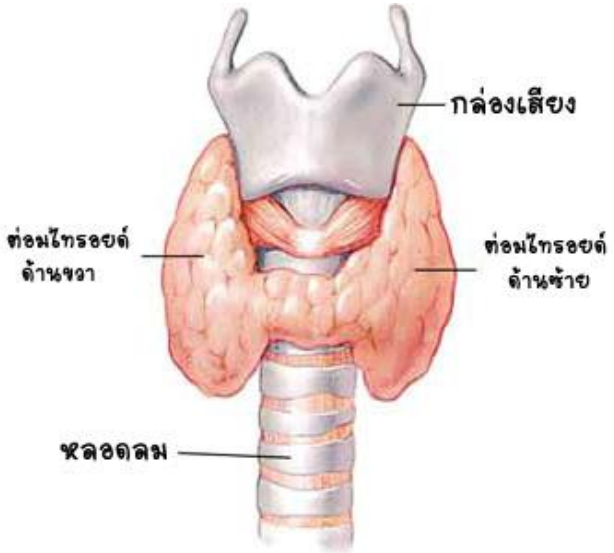
3. ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ไม่สร้างฮอร์โมน แต่เก็บฮอร์โมนที่สร้างจากไฮโพทาลามัส แล้วหลั่งสู่กระแสเลือดไปยังอวัยวะเป้าหมาย ซึ่งมี 2 ฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง ดังนี้

1) Antidiuretic Hormone (ADH) หรือ Vasopressin กระตุ้นให้เส้นเลือดหดตัว ทำให้ความดันโลหิตสูงขึ้น กระตุ้นให้ท่อของหน่วยไตมีการดูดน้ำกลับคืน ถ้าร่างกายขาด ADH จะปัสสาวะมาก ทำให้เกิดโรคเบาจืด (Diabetes insipidus)

2) Oxytocin กระตุ้นกล้ามเนื้อมดลูกให้หดตัวเพื่อช่วยในการคลอด และให้ตัวอสุจิเคลื่อนภายในมดลูก กระตุ้นการหดตัวของเซลล์กล้ามเนื้อรอบๆ ต่อมน้ำนมเพื่อหลั่งน้ำนม

ต่อมไร้ท่อในร่างกายที่ถูกควบคุมกระบวนการทำงาน จากฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า มี 3 ต่อม ดังนี้

**1. ต่อมไทรอยด์ (Thyroid gland)**




ภาพที่ 3 แสดงตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไทรอยด์

(แหล่งที่มา: http://www.slideshare.net/parwaritfast/ss-58237805)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ต่อมไทรอยด์ถูกกระตุ้นจากฮอร์โมน TSH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า เพื่อให้มีการสร้าง**ฮอร์โมนไทรอกซิน (thyroxin)** โดยใช้ไอโอดีนเป็นวัตถุดิบในการสร้างฮอร์โมน ซึ่งไทรอกซินมีหน้าที่สำคัญดังนี้

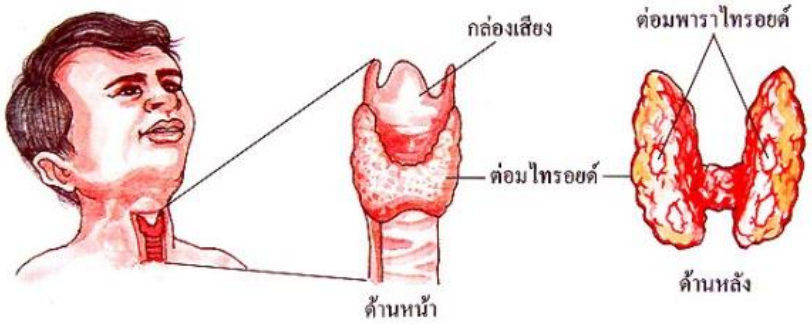
1) ช่วยในการเจริญเติบโตของกระดูก สมอง และระบบประสาท หากมีการสร้างฮอร์โมนน้อยเกินไปในวัยเด็กจะทำให้เป็นโรคเอ๋อ (Cretinism) ในวัยผู้ใหญ่จะเป็นโรคคอหอยพอก (simple goiter) หากมีสร้างฮอร์โมนมากเกินไปจะเป็นโรคคอหอยพอกเป็นพิษ (toxic goiter)

2) ช่วยในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเมื่อเป็นผู้ใหญ่

3) ช่วยควบคุมอัตราเมตาบอลิซึมในร่างกาย

นอกจากนี้ ต่อมไทรอยด์ยังสร้าง**ฮอร์โมนแคลซิโทนิน (calcitonin)** ซึ่งทำหน้าที่กระตุ้นการสะสมแคลเซียมที่กระดูก ลดการดูดกลับของแคลเซียมที่ไตและลดอัตราการดูดซึมแคลเซียมที่ลำไส้เล็ก

บริเวณกึ่งกลางของต่อมไทรอยด์ทั้ง 2 ข้าง มีต่อมไร้ท่อขนาดเล็กฝังอยู่ คือ **ต่อมพาราไทรอยด์ (parathyroid gland)** ดังปรากฏในภาพที่ 4



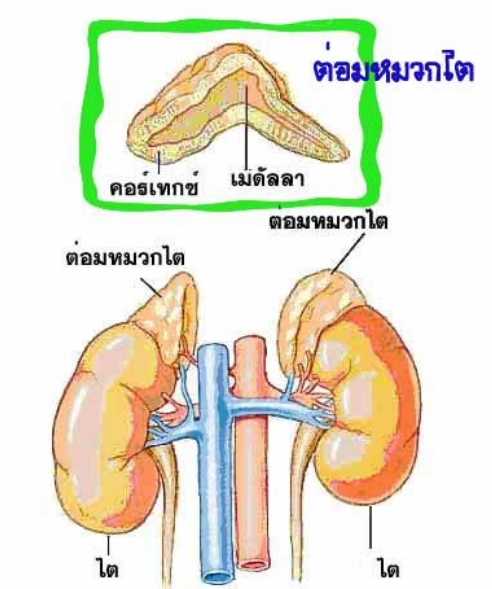

ภาพที่ 4 แสดงตำแหน่งของต่อมพาราไทรอยด์

(แหล่งที่มา: http://sriphat.med.cmu.ac.th/th/knowledge-79)

ต่อมพาราไทรอยด์ผลิตฮอร์โมนที่สำคัญชื่อ **พาราทอร์โมน (Parathormone)** ทำหน้าที่ควบคุมเมตาบอลิซึมของแคลเซียมและฟอสฟอรัสในร่างกาย การสร้างกระดูกและควบคุมบทบาทของวิตามินดีในร่างกาย โดยวิตามินดีจะรวมกับพาราทอร์โมนในการสลายแคลเซียมออกจากกระดูกไปยังน้ำเลือด (plasma) เพื่อรักษาระดับของแคลเซียมในน้ำเลือดให้เป็นปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**2. ฮอร์โมนจากต่อมหมวกไต (Adrenal gland)**




ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมหมวกไต

(แหล่งที่มา:
http://www.il.mahidol.ac.th/emedia/hormone/chapter4/where_suprarenal.htm)

ต่อมหมวกไตเป็นต่อมไร้ท่อที่มีตำแหน่งอยู่เหนือไตทั้งของข้าง ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ต่อมหมวกไตส่วนนอก (adrenal cortex) และต่อมหมวกไตส่วนใน (adrenal medulla)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**2.1 ต่อมหมวกไตส่วนนอก (Adrenal cortex)**

ต่อมหมวกไตส่วนนอกถูกกระตุ้นการทำงานจากฮอร์โมน ACTH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ในการสร้างฮอร์โมน ดังนี้

1) Glucocorticoid hormone ทำหน้าที่ควบคุมเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต เปลี่ยนไกลโคเจนในตับและกล้ามเนื้อให้เป็นกลูโคส ถ้ามีฮอร์โมนนี้มากเกินไป จะทำให้อ้วน อ่อนแอ หน้ากลมคล้ายดวงจันทร์ หน้าท้องลาย น้ำตาลในเลือดสูง เรียกว่า โรคคูชชิง (Cushing's syndrome)

2) Mineralocorticoid hormone ทำหน้าที่ควบคุมสมดุลของน้ำและเกลือแร่ ฮอร์โมนสำคัญกลุ่มนี้ คือ aldosterone ช่วยในการทำงานของไตในการดูดกลับไอออนของโซเดียม

และคลอรีนภายในท่อไต ถ้าขาด aldosterone จะทำให้ร่างกายสูญเสียน้ำและโซเดียมไปพร้อมกับปัสสาวะ ส่งผลให้ความดันเลือดในร่างกายลดลง จนอาจทำให้เสียชีวิต

3) Sex hormone เป็นฮอร์โมนเพศ ทำหน้าที่ควบคุมลักษณะทางเพศที่สมบูรณ์ทั้งชายและหญิง

**2.2 ต่อมหมวกไตส่วนใน (Adrenal medulla )** เป็นเนื้อชั้นในของต่อมหมวกไต ทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน 2 ชนิด คือ

1) Adrenalin หรือ Epinephrine กระตุ้นให้หัวใจบีบตัวแรง เส้นเลือดขยายตัว เปลี่ยนไกลโคเจนในตับให้เป็นกลูโคส แล้วส่งออกสู่กระแสเลือด

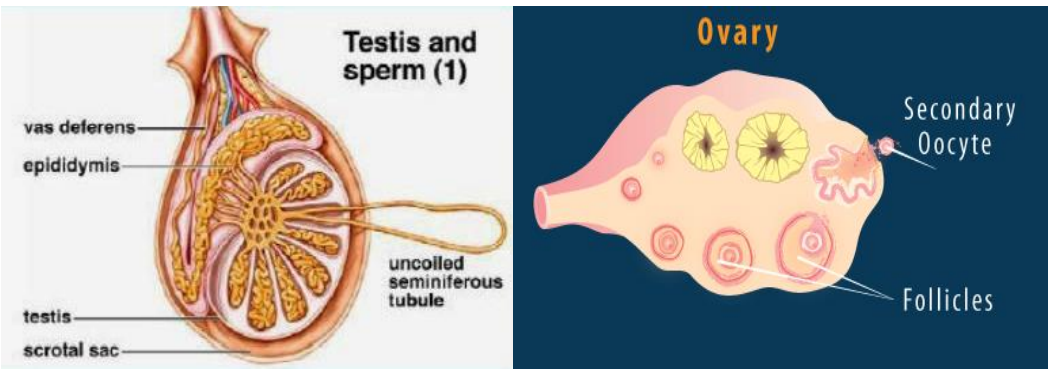
2) Noradrenalin หรือ Norepinephrine กระตุ้นให้เส้นเลือดมีการบีบตัว ผลอื่นคล้าย adrenalin แต่ฤทธิ์น้อยกว่า

**3. ต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ (Endocrine gland in sex organ)**

อวัยวะเพศในเพศชาย คือ อัณฑะ (testis) ในเพศหญิง คือ รังไข่ (ovary) ซึ่งที่ถูกกระตุ้นโดยฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ได้แก่ FSH และ LH ในการสร้างฮอร์โมนเพศ การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ และการเจริญของเนื้อเยื่อที่อวัยวะเพศ

**3.1 เพศชาย** ถูกกระตุ้นโดย FSH ในกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธ์ และถูกกระตุ้นโดย LH ในการสร้างฮอร์โมนเพศชาย (androgen) โดยเฉพาะฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่าง เช่น ควบคุมการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ ควบคุมลักษณะของความเป็นเพศชาย

**3.2 เพศหญิง** LH กระตุ้นในการเจริญของคอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum) และการตกไข่ ส่วน FSH กระตุ้นการเจริญของเซลล์สืบพันธุ์และการสร้างฮอร์โมนเพศหญิง คือ เอสโทรเจน (estrogen) และโพรเจสเตอโรน (progesterone) โดยเอสโทรเจนทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของอวัยวะสืบพันธุ์ ควบคุมลักษณะของความเป็นเพศหญิง ส่วนโพรเจสเทอโรนทำหน้าที่กระตุ้นการเจริญของเยื่อบุผนังมดลูก และระงับไม่ให้มีการตกไข่ระหว่างตั้งครรภ์ เพื่อป้องกันไม่ให้มีประจำเดือนระหว่างตั้งครรภ์




ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างของอัณฑะ (ซ้าย) และรังไข่ (ขวา)

(แหล่งที่มา: http://4-anatomy.blogspot.com/2014/12/gonad.html )

สภาวะการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อบริเวณรังไข่และมดลูกของเพศหญิงที่เกิดขึ้นทุกๆ เดือนตั้งแต่เริ่มเข้าสู่วัยรุ่น เรียกว่า รอบประจำเดือน (menstrual cycle) เกิดจากการทำงานร่วมกันของฮอร์โมน 4 ชนิด คือ LH กับ FSH ที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า และเอสโทรเจน กับโพรเจสเทอโรน ที่หลั่งจากต่อมไร้ท่อที่รังไข่

**2. ด้านกระบวนการ**

1) ความสามารถในการสื่อสาร: การอภิปรายกลุ่มย่อย
2) ความสามารถในการคิด: การวิเคราะห์ผลการ
3) ความสามารถในการแก้ปัญหา: -
4) ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต: การนับระยะของประจำเดือนของตนเอง และเชื่อมโยงสู่การนับระยะปลอดภัยในการป้องกันการตั้งครรภ์
5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี: การสืบค้นข้อมูลจากสื่อสารสนเทศ

**3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1) มีความรับผิดชอบ
2) มุ่งมั่นในการทำงาน
3) รับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม

**กิจกรรมการเรียนรู้**

**1. ขั้นนำสู่บทเรียน (15 นาที)**

1. ครูทบทวนเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนรู้ในคาบที่ผ่านมา โดยใช้คำถามดังนี้

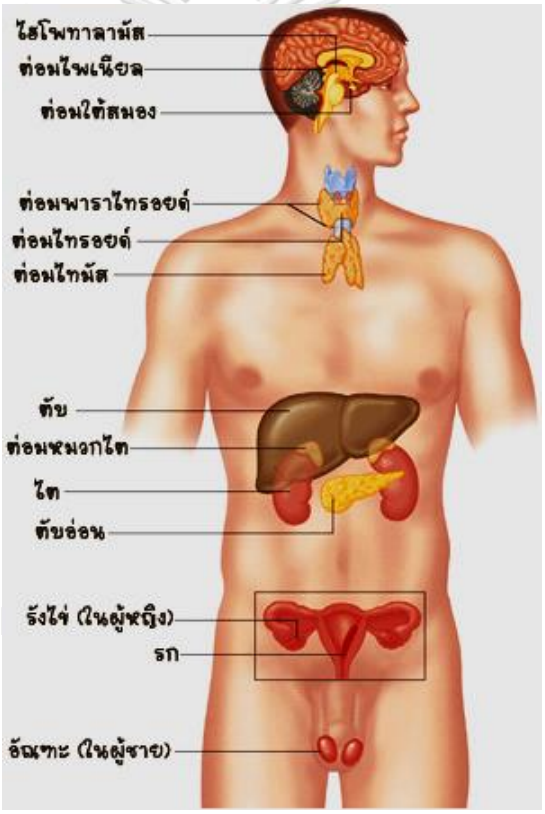
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.1 ระบบต่อมไร้ท่อมีหน้าที่อย่างไร *(สร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมการเจริญเติบโตและกระบวนการต่างๆ ในร่างกาย)*

1.2 ระบบต่อมไร้ท่อมีความสำคัญอย่างไร *(ทำให้สมดุลในร่างกายและการเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติ)*

1.3 นักเรียนคิดว่าระบบต่อมไร้ท่อมีหน้าที่ที่ซ้ำซ้อนกับระบบประสาทหรือไม่ อย่างไร *(ไม่ซ้ำซ้อนกัน เพราะระบบต่อมไร้ท่อควบคุมกระบวนการในระยะยาว ในขณะที่ระบบประสาทควบคุมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าในระยะสั้น)*

2. ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์ แสดงแผนภาพตำแหน่งของต่อมไร้ท่อทั่วร่างกาย




ภาพที่ 7 ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกาย

(แหล่งที่มา: https://sites.google.com site/30233mind/home/krabwnkar)

จากนั้นครูใช้คำถามต่อไปนี้

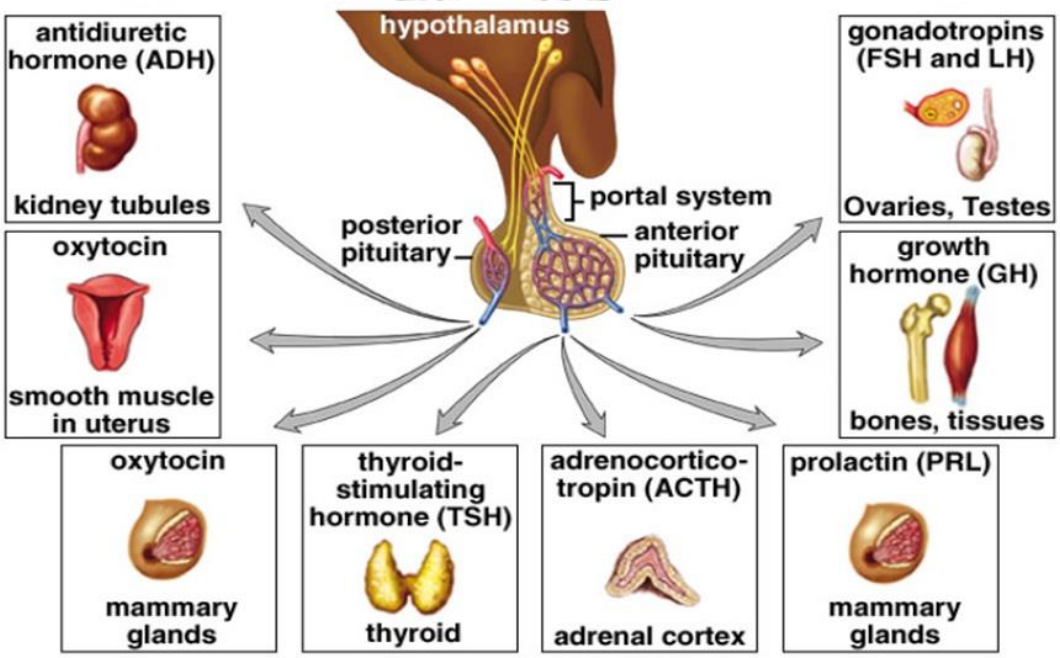
2.1 จากภาพ ต่อมไร้ท่อใดที่อยู่ใกล้ชิดกับระบบประสาทมากที่สุด *(ต่อมไพเนียลและต่อมใต้สมอง)*

2.2 นักเรียนทราบหรือไม่ ว่าศูนย์กลางของระบบต่อมไร้ท่ออยู่ที่ใด *(ไฮโพทาลามัส)*

จากนั้นครูเชื่อมโยงความรู้สำคัญจากการใช้คำถามกับเนื้อหาของบทเรียนว่า ระบบต่อมไร้ท่อทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของร่างกายเช่นเดียวกับระบบประสาท และมีการทำงานที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กัน เนื่องจากการสร้างฮอร์โมนของระบบต่อมไร้ท่อถูกควบคุมโดยสมองส่วนไฮโพทาลามัส และต่อมใต้สมองเป็นต่อมไร้ท่อที่ควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่ออื่นๆ ในร่างกาย จึงเสมือนเป็นศูนย์กลางของระบบต่อมไร้ท่อ ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ในคาบเรียนนี้

**2. ขั้นกิจกรรม (160 นาที)**

1. ครูใช้สื่อพาวเวอร์พอยท์แสดงแผนภาพการหลั่งฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองเพื่อไปควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่ออื่นๆ รวมถึงการทำงานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย




ภาพที่ 8 ต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่ถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง
(แหล่งที่มา:
http://www.medicalook.com/human_anatomy/organs/Pituitary_hormones.html)

2. ครูใช้คำถาม ดังนี้

2.1 จากแผนภาพ ต่อมใต้สมองหลั่งฮอร์โมนไปควบคุมการทำงานของต่อมไร้ท่อใดบ้าง *(ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไตส่วนนอก และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ)*

2.2 นอกจากการสร้างฮอร์โมนไปควบคุมต่อมไร้ท่อดังกล่าวแล้ว ต่อมใต้สมองยังหลั่งฮอร์โมนไปควบคุมอวัยวะใดบ้าง *(ท่อหน่วยไต ต่อมน้ำนม มดลูก กระดูก และกล้ามเนื้อ)*

2.3 ฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง ถูกลำเลียงไปควบคุมการทำงานของเซลล์เป้าหมายได้อย่างไร *(หลั่งสู่ระบบไหลเวียนเลือด แล้วใช้กระแสเลือดลำเลียงไปยังเซลล์เป้าหมาย)*

3. ครูใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบ jigsaw โดยมีขั้นตอน ดังนี้

3.1 ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มย่อยออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน (home group)

3.2 ให้แต่ละกลุ่มจัดแบ่งสมาชิกมาทำการศึกษาข้อมูลร่วมกับสมาชิกกลุ่มอื่น จะได้กลุ่มใหม่ที่สมาชิกมาจากคนละกลุ่ม เพื่อมาศึกษาหัวข้อเดียวกัน (expert group) โดยมีทั้งหมด 5 หัวข้อต่อไปนี้

- ต่อมใต้สมองกับต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์
- ต่อมใต้สมองกับต่อมหมวกไต
- ต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ
- ต่อมใต้สมองกับการรักษาสมดุลน้ำในร่างกาย
- ต่อมใต้สมองกับการเจริญเติบโตของร่างกาย

3.3 สมาชิกแต่ละกลุ่ม (expert group) จะต้องทำการศึกษาข้อมูลที่ครูจัดเตรียมไว้ และสามารถอภิปรายเพื่อสรุปความรู้ร่วมกันในประเด็นต่อไปนี้

- ตำแหน่งของต่อมไร้ท่อในร่างกาย
- ความสัมพันธ์ระหว่างต่อมใต้สมองกับต่อมไร้ท่อที่ได้ศึกษา
- ชื่อฮอร์โมนที่สร้าง
- กลไกการทำงานของฮอร์โมน
- ผลของฮอร์โมนที่มีต่อการดำรงชีวิต

3.4 เมื่อเสร็จสิ้นการศึกษาและอภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อแล้ว นักเรียนกลับสู่กลุ่มเดิม (home group) แล้วทำการแบ่งปันและแลกเปลี่ยนความรู้ที่สมาชิกแต่ละคนได้รับมา

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรม โดยสร้างแผนผังสรุปความรู้ลงในกระดาษฟลิปชาร์ต กลุ่มละ 1 แผนผัง แล้วทุกกลุ่มนำแผนผังออกมาติดไว้ที่กระดาน

3.6 ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาการสรุปความรู้ของเพื่อนร่วมชั้น และทำหน้าที่เติมเต็ม แก้ไขความเข้าใจในส่วนที่ผิดพลาด หรือขาดหายไป

Chulalongkorn University

4. เมื่อเสร็จสิ้นการศึกษาและอภิปรายกลุ่มย่อยตามหัวข้อแล้ว นักเรียนกลับสู่กลุ่มเดิม (home group) แล้วทำการแบ่งปันและแลกเปลี่ยนความรู้ที่สมาชิกแต่ละคนได้รับมา

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปความรู้ที่ได้รับจากกิจกรรม โดยสร้างแผนผังสรุปความรู้ลงในกระดาษฟลิปชาร์ตกลุ่มละ 1 แผนผัง แล้วทุกกลุ่มนำแผนผังออกมาติดไว้ที่กระดาน

6. ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนร่วมกันพิจารณาการสรุปความรู้ของเพื่อนร่วมชั้น และทำหน้าที่เติมเต็มแก้ไขความเข้าใจในส่วนที่ผิดพลาด หรือขาดหายไป

7. เมื่อเสร็จสิ้นการสรุปกิจกรรมแล้ว ให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มสร้างแผนผังสรุปการทำงานของต่อมใต้สมอง ที่เชื่อมโยงถึงการทำงานของต่อมไร้ท่อและอวัยวะในร่างกายที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง

**3. ขั้นสรุปบทเรียน (25 นาที)**

1. ครูใช้คำถามในการนำนักเรียนอภิปรายเพื่อสรุปบทเรียนร่วมกัน ดังนี้

1.1 ต่อมใต้สมองถูกควบคุมการทำงานจากโครงสร้างใดของระบบประสาท *(ไฮโพทาลามัส)*

1.2 ไฮโพทาลามัส ควบคุมการทำงานของต่อมใต้สมองอย่างไร *(สร้างฮอร์โมนประสาทมากระตุ้นให้ต่อมใต้สมองหลั่งฮอร์โมน)*

1.3 ต่อมใต้สมองแบ่งออกเป็นกี่ส่วน แต่ละส่วนมีหน้าที่อย่างไรบ้าง *(แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ต่อมใต้สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ต่อมใต้สมองส่วนหน้าและส่วนกลาง ทำหน้าที่ผลิตและหลั่งฮอร์โมน ในขณะที่ต่อมใต้สมองส่วนหลัง ไม่ผลิตฮอร์โมน แต่รับฮอร์โมนที่สร้างจากเซลล์นิวโรซีครีทอรี (neurosecretory cell) ของไฮโพทาลามัสแล้วหลั่งเข้าสู่กระแสเลือดไปยังเซลล์ของอวัยวะเป้าหมาย)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 การทำงานของฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมอง มีลักษณะอย่างไรบ้าง *(ควบคุมกระบวนการในร่างกายโดยตรง และควบคุมให้ต่อมไร้ท่ออื่น ๆ สร้างฮอร์โมนเพื่อควบคุมกระบวนการในร่างกายอีกต่อหนึ่ง)*

1.5 ต่อมไร้ท่อใดบ้างที่ถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง *(ต่อมไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ)*

1.6 เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของฮอร์โมนในร่างกายจนเกิดความไม่สมดุล จะส่งผลอย่างไร *(กระบวนการเจริญเติบโตของร่างกายผิดปกติ หรือกระบวนการทำงานของร่างกายในส่วนที่ถูกควบคุมโดยฮอร์โมนชนิดนั้นผิดปกติไป จนส่งผลต่อการดำรงชีวิต)*

2. ครูให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ในการเรียนรู้ครั้งนี้ โดยสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่ม กลุ่มละ 1 คน แล้วให้นักเรียนกล่าวโดยสรุปว่า นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการเรียนรู้ครั้งนี้

**สื่อและแหล่งการเรียนรู้**

1. สื่อพาวเวอร์พอยท์ประกอบการอธิบาย เรื่อง ต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่ถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนจากต่อมใต้สมอง

2. สื่อพาวเวอร์พอยท์สำหรับแสดงแผนภาพตำแหน่งของต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สร้างฮอร์โมนในร่างกาย

3. ใบความรู้ เรื่อง ต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์ ต่อมหมวกไต และต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ

**การวัดและประเมินการเรียนรู้**

1. ประเมินการบอกตำแหน่งของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง ตลอดจนการบอกชื่อฮอร์โมนจากต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่ถูกควบคุมโดยต่อมใต้สมอง จากคำตอบที่นักเรียนตอบในแบบบันทึกกิจกรรม

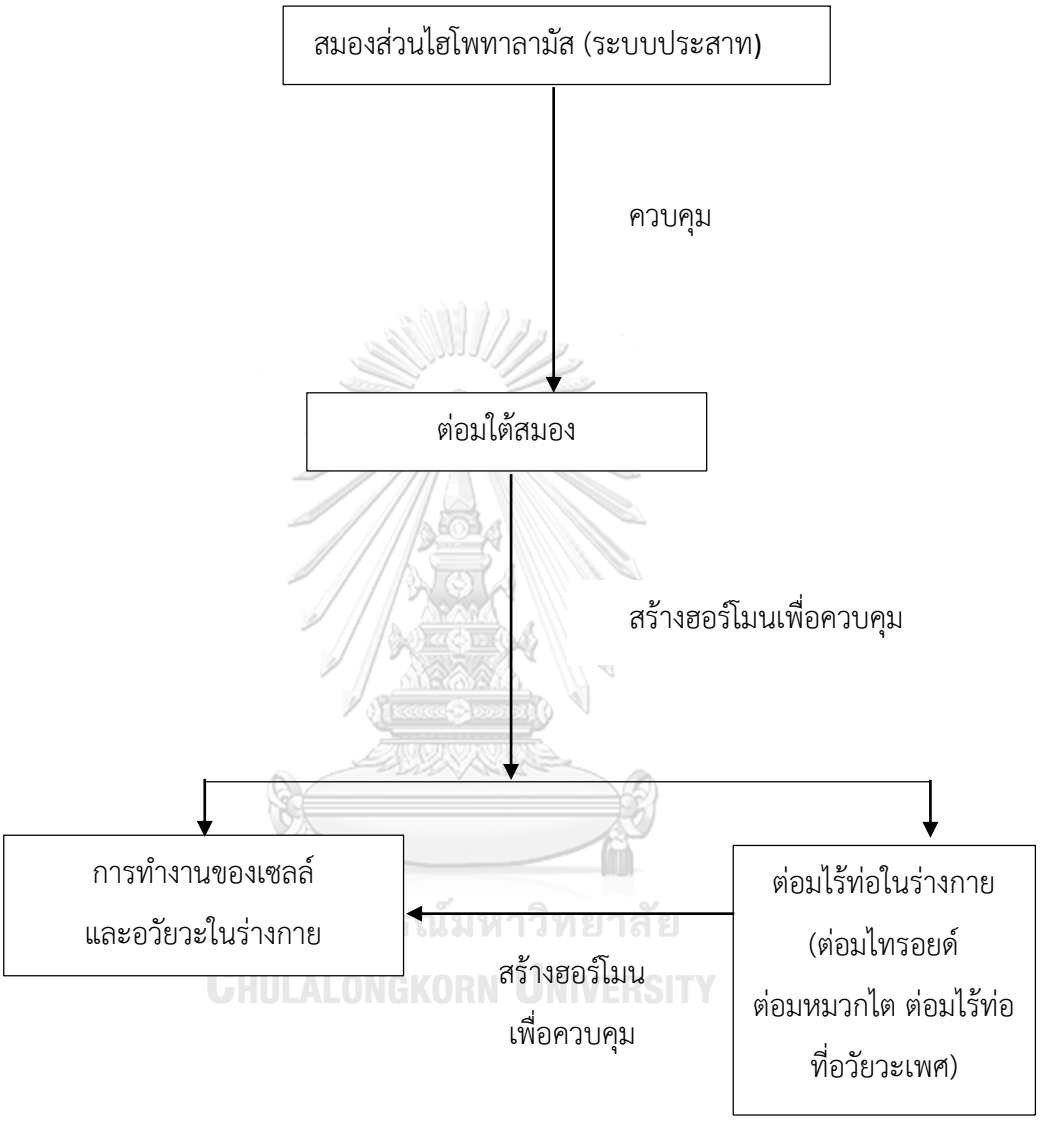
2. ประเมินการระบุหน้าที่และการอธิบายกระบวนการทำงานของต่อมใต้สมองและต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้อง จากแผนผังสรุปการทำงานของต่อมใต้สมองที่นักเรียนสร้างขึ้น

3. ประเมินการนำเสนอและแสดงความคิดเห็น จากการสังเกตการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่มย่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตัวอย่างผลงานนักเรียนที่ระบุไว้ขั้นกิจกรรม ของแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป**

แผนผังมโนทัศน์ เรื่อง การทำงานของต่อมใต้สมอง




จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

## ต่อมไทรอยด์และพาราไทรอยด์ (Thyroid and Parathyroid)

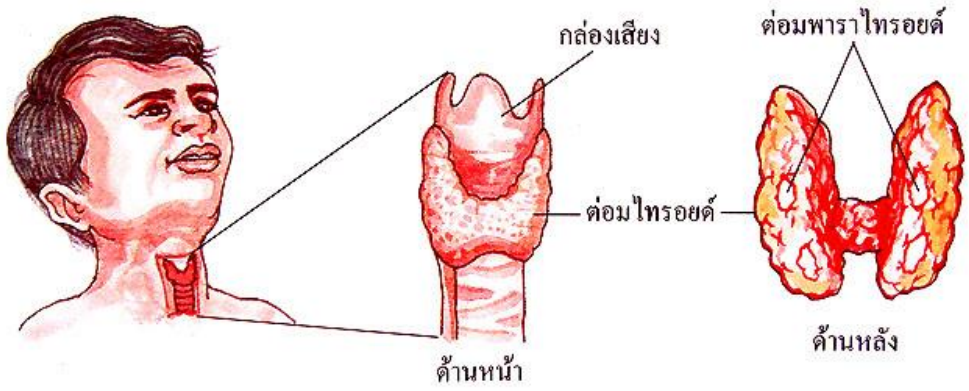
*ศาสตราจารย์เกียรติคุณ แพทย์หญิง พวงทอง ไกรพิบูลย์*

*หน่วยรังสีรักษาและมะเร็งวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี*

*บทความจาก http://haamor.com*

### ต่อมไทรอยด์ (Thyroid Gland)

ต่อมไทรอยด์เป็นต่อมไร้ท่อซึ่งอยู่บริเวณลำคอ เป็นต่อมไร้ท่อที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีน้ำหนักประมาณ 25 กรัม เจริญมาจากเนื้อเยื่อชั้นใน (endoderm) ที่อยู่ที่ฐานของคอหอย แบ่งออกเป็น 2 พู เชื่อมกันตรงกลาง




CHULALONGKORN UNIVERSITY

ต่อมไทรอยด์ทำงานภายใต้การควบคุมของต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior lobe of pituitary gland) และไฮโพทาลามัส (hypothalamus) ซึ่งทั้งต่อมใต้สมองและสมองไฮโพทาลามัสยังควบคุมการทำงานของอวัยวะอื่นๆ ด้วยเช่น ต่อมหมวกไต รังไข่ และอัณฑะ และยังมีความสัมพันธ์กับอารมณ์และจิตใจ ดังนั้นการทำงานของต่อมไทรอยด์ รวมทั้งโรคหรือภาวะผิด ปกติต่างๆ ของต่อมไทรอยด์จึงสัมพันธ์กับการทำงานและโรคต่างๆของอวัยวะเหล่านั้น รวมทั้งความสัมพันธ์กับอารมณ์และจิตใจ

ฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์มี 2 กลุ่ม คือ

1.ไทรอกซิน (thyroxin) และไตรไอโอโดไทโรนีน (triiodothyronine) ผลิตมาจากฟอลลิคิวลาร์เซลล์ ถูกสังเคราะห์จากกรดอะมิโนไทโรซีน (thyrosine) และไอโอดีน โดยไทรอกซินมีไอโอดีน 4 อะตอม จึงมักเรียกอีก ชื่อว่า $T_4$ ส่วนไตรไอโอโดไทโรนีนมีไอโอดีน 3 อะตอม จึงมักเรียกอีกชื่อว่า $T_3$ ทั้ง$T_3$ และ$T_4$ จะมีผลต่อร่างกายเหมือนกัน โดย$T_3$ มีฤทธิ์มากกว่า$T_4$ ประมาณ 4 เท่า แต่ภาวะปกติฮอร์โมนจากต่อมไทรอยด์ส่วนใหญ่จะพบในรูปของ$T_4$ $T_3$ และ $T_4$ ทำหน้าที่กระตุ้นอัตราเมตาบอลิซึมของเซลล์ และเนื้อเยื่อต่างๆทั่วร่างกาย ทำหน้าที่ร่วมกับ growth hormone ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของร่างกาย โดยกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน นอกจากนั้นยังควบคุมพัฒนาการของเซลล์ (cell differentiation) โดยเฉพาะพัฒนาการของเซลล์สมอง

ความผิดปกติเกี่ยวกับฮอร์โมนไทรอกซิน

**1.เด็ก** ขาดฮอร์โมนไทรอกซิน มีอาการปัญญาอ่อน แขน ขาสั้น หน้าและ มือ บวม ผิวหยาบแห้ง ผมบาง ไม่เจริญเติบโต รูปร่างเตี้ยแคระ เรียกกลุ่มอาการนี้ว่า โรคเอ๋อ หรือครีทินิซึม (cretinism)

**2.ผู้ใหญ่** ขาดฮอร์โมนไทรอกซิน ทำให้อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย เซื่องซึม เคลื่อนไหวช้า กล้ามเนื้ออ่อนแรง ร่างกายอ่อนแอ ติดเชื้อได้ง่าย หัวใจเต้นช้า ทนหนาวไม่ได้ ผิวหนังบวมน้ำ มีระดับคอเลสเทอรอลสูง หน้าบวม อ้วน ทำให้น้ำหนักเพิ่ม ผมและผิวแห้ง สมองจะทำงานช้าลง ปฏิกิริยาโต้ตอบช้าหรือถึงขั้นความจำเสื่อม ประจำเดือนผิดปกติ เรียกกลุ่มอาการดังกล่าวนี้ว่า มิกซีดีมา (myxedema)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

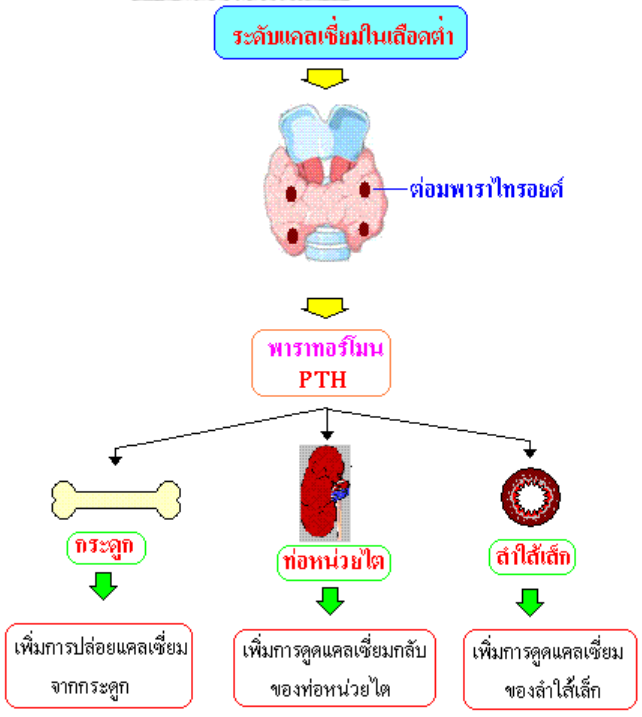
ถ้าร่างกายได้รับไอโอดีนไม่เพียง พอจะส่งผลให้มีการผลิตไทรอกซินได้น้อย ทำให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่งฮอร์โมน TSH เพิ่มมากขึ้นเพื่อไปกระตุ้นต่อมไทรอยด์ให้สร้างฮอร์โมนไทรอกซินเพิ่มมากขึ้น จนต่อมไทรอยด์ทำงานมากเกินไป ต่อมจะขยายขนาดโตขึ้นทำให้เกิด เป็นโรคคอพอก (simple goiter) มีฮอร์โมนไทรอกซินมากเกิน จะทำให้เกิดอาการที่เรียกว่าไทรอยด์เป็นพิษ หรือ โรคคอพอกเป็นพิษ (toxic goiter) จะทำให้ร่างกายมีอัตราการเกิดเมตาบอลิซึมสูงกว่าปกติ อาการเหมือนมีการสร้างพลังงานหรือกระตุ้นประสาทซิมพาเทติกทำงานมากเกินไป ได้แก่ หงุดหงิด นอนไม่หลับ ตื่นเต้นง่าย มีการเผาผลาญโปรตีนมาก ทำให้อ่อนเพลีย อาจมีอาการคอพอกแต่ไม่มากและตาโปน เนื่องจากเนื้อเยื่อเกี่ยวพันหลังลูกตาอ่อนกำลังลง เรียกว่า Graves’ disease

2.แคลซิโทนิน (Calcitonin) ถูกผลิตและหลั่งจากพาราฟอลลิเคิลเซลล์ มีหน้าที่ลดปริมาณแคลเซียมและฟอสเฟสในเลือด ซึ่งจะออกฤทธิ์ที่กระดูกและไต โดยเพิ่มการนำแคลเซียมเข้าสู่กระดูกและลดการสลายของกระดูก นอกจากนั้น จะเพิ่มการขับถ่ายฟอสเฟสทางไต แคลซิโทนิน จะทำหน้าที่ร่วมกับฮอร์โมนจากต่อม พาราไทรอยด์ และ วิตามิน D ในการรักษาสมดุลของแคลเซียมและฟอสเฟสในร่างกาย

**ต่อมพาราไทรอยด์ (Parathyroid Gland)**

ต่อมพาราไทรอยด์ เป็นต่อมเล็กๆ มีทั้งหมด 4 ต่อมโดยที่อยู่ติดกับด้านหลังของต่อมไทรอยด์ ซึ่งพบข้างละ 2 ต่อม มีความสำคัญในสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเท่านั้น

ต่อมพาราไทรอยด์สร้างพาราไทรอยด์ฮอร์โมน (parathyroid hormone: PTH) หรือพาราทอร์โมน (parathormone) ทำให้ระดับความเข้มข้นของแคลเซียม ($Ca^{2+}$) ในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น และลดระดับของฟอสเฟตที่กระดูก ไต และลำไส้เล็ก เพิ่มกระบวนการสลายแคลเซียมออกจากกระดูก และยับยั้งกระบวนการสร้างกระดูก ในขณะเดียวกันก็เพิ่มการดูดกลับของแคลเซียมที่ไต ทำให้ระดับแคลเซียมในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น กระตุ้นการขับฟอสเฟตออกไปกับปัสสาวะ เร่งอัตราการดูดซึมแคลเซียมจากอาหารที่ลำไส้เล็กโดยการทำงานร่วมกับวิตามินดี



## ภาคผนวก ง
## คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
2. การประเมินความสอดคล้องของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
3. ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในการให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

**ตารางที่ 20** ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

| ข้อที่ | ค่าความยาก (P) | ค่าอำนาจจำแนก (R) | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1 | 0.775 | 0.450 | ผ่าน |
| 2 | 0.725 | 0.250 | ผ่าน |
| 3 | 0.250 | 0.200 | ผ่าน |
| 4 | 0.225 | 0.250 | ผ่าน |
| 5 | 0.600 | 0.400 | ผ่าน |
| 6 | 0.750 | 0.400 | ผ่าน |
| 7 | 0.450 | 0.300 | ผ่าน |
| 8 | 0.650 | 0.300 | ผ่าน |
| 9 | 0.450 | 0.400 | ผ่าน |
| 10 | 0.450 | 0.300 | ผ่าน |
| 11 | 0.225 | 0.250 | ผ่าน |
| 12 | 0.800 | 0.400 | ผ่าน |
| 13 | 0.450 | 0.200 | ผ่าน |
| 14 | 0.575 | 0.350 | ผ่าน |
| 15 | 0.725 | 0.450 | ผ่าน |
| 16 | 0.500 | 0.300 | ผ่าน |
| 17 | 0.175* | 0.300 | ค่าความยากไม่ผ่าน |
| 18 | 0.550 | 0.400 | ผ่าน |
| 19 | 0.250 | 0.300 | ผ่าน |
| 20 | 0.800 | 0.400 | ผ่าน |
| 21 | 0.500 | 0.300 | ผ่าน |
| 22 | 0.450 | 0.500 | ผ่าน |
| 23 | 0.525 | 0.350 | ผ่าน |
| 24 | 0.775 | 0.350 | ผ่าน |
| 25 | 0.325 | 0.250 | ผ่าน |
| 26 | 0.350 | 0.400 | ผ่าน |
| 27 | 0.575 | 0.250 | ผ่าน |
| 28 | 0.625 | 0.450 | ผ่าน |
| 29 | 0.525 | 0.350 | ผ่าน |
| 30 | 0.475 | 0.550 | ผ่าน |

**หมายเหตุ** ข้อคำถามข้อที่ 17 มีค่าความยากไม่ถึง 0.200 ซึ่งไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ แต่เนื่องจากแบบสอบมีจำนวนข้อคำถามน้อย ผู้เชี่ยวชาญจึงอนุโลมให้ปรับข้อคำถามให้ง่ายขึ้นโดยไม่ตัดข้อคำถามออก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**ตารางที่ 21** การประเมินความสอดคล้องของแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

เกณฑ์การให้คะแนนมีดังนี้

+1 หมายถึง จุดประสงค์ที่ต้องการวัดและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้**สอดคล้อง**กับข้อคำถาม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

-1 หมายถึง จุดประสงค์ที่ต้องการวัดและระดับพฤติกรรมการเรียนรู้**ไม่สอดคล้อง**กับข้อคำถาม

| จุดประสงค์ที่ต้องการวัด | พฤติกรรม | ข้อคำถามที่ | ระดับของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ | | | เฉลี่ย | ผลการประเมิน | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 1. บอกความสำคัญของต่อมไร้ท่อในร่างกายได้ | ความจำ | 1 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 2. ระบุตำแหน่งและโครงสร้างของต่อมไร้ท่อในร่างกายได้ | ความจำ | 2 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 3. จำแนกประเภทของฮอร์โมนได้ | กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | 3 | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน | 1. อาจเป็นระดับการนำไปใช้ ควรเปลี่ยนจากการบอกชื่อฮอร์โมน เป็นภาพโครงสร้างของฮอร์โมน |
| 4. อธิบายกลไกการออกฤทธิ์ที่เซลล์เป้าหมายของฮอร์โมนแต่และประเภทได้ | ความเข้าใจ | 4 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 5. ระบุโครงสร้างและหน้าที่ของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมองได้ | ความจำ | 5,6 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 6. อธิบายการทำงานของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมองได้ | ความเข้าใจ | 7 | +1 | 0 | +1 | 0.67 | ผ่าน | |
| | การนำความรู้ไปใช้ | 8 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 7. อธิบายความผิดปกติในการทำงานของไฮโพทาลามัสและต่อมใต้สมองได้ | การนำความรู้ไปใช้ | 9 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 8. บอกหน้าที่ของต่อมไพเนียลได้ | ความจำ | 10 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |

| จุดประสงค์ที่ต้องการวัด | พฤติกรรม | ข้อคำถามที่ | ระดับของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ | | | เฉลี่ย | ผลการประเมิน | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 9. อธิบายโครงสร้างและการทำงานของต่อมไทรอยด์ได้ | การนำความรู้ไปใช้ | 11 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 10. อธิบายความผิดปกติจากความไม่สมดุลของระดับฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมไทรอยด์ได้ | ความจำ | 12 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| | ความเข้าใจ | 13 | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน | 1. อาจเป็นระดับการนำไปใช้ ควรเปลี่ยนโจทย์จาก “หนูจะมีสภาพเป็นอย่างไร” เป็น “หนูจะตาย เพราะเหตุใด” |
| | การนำความรู้ไปใช้ | 14 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 11. อธิบายการทำงานของต่อมพาราไทรอยด์ได้ | ความเข้าใจ | 15 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 12. อธิบายการทำงานของฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตได้ | ความเข้าใจ | 16 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| | กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | 17 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | 1. พิจารณาการกระจายเนื้อหาไม่ให้กระจุกใน concept เดียวกัน |
| 13. อธิบายความผิดปกติจากความไม่สมดุลของระดับฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมหมวกไตได้ | กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ | 18 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| | การนำความรู้ไปใช้ | 19 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 14. ระบุโครงสร้าง หน้าที่ และการทำงานของต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อนได้ | ความจำ | 20 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| | ความเข้าใจ | 21 | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน | 1. ขึ้นอยู่กับการสอนในชั้นเรียน หากสอนหรือยกตัวอย่างไปแล้ว จะเป็นระดับความจำ |
| 15. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของร่างกายจากความไม่สมดุลของฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อที่ตับอ่อนได้ | การนำความรู้ไปใช้ | 22,23 | +1 | 0 | +1 | 0.67 | ผ่าน | 1. พิจารณาปรับตัวเลือกไม่ให้เป็นตัวลวงที่ง่ายเกินไป |
| 16. ระบุโครงสร้างและหน้าที่ของต่อมไทมัสได้ | ความจำ | 24 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 17. อธิบายโครงสร้าง หน้าที่ และการทำงานของต่อมไร้ท่อที่อวัยวะเพศ | ความเข้าใจ | 25,26 | +1 | +1 | 0 | 0.67 | ผ่าน | 1. ขึ้นอยู่กับการสอนในชั้นเรียน หากสอนหรือยกตัวอย่างไปแล้ว จะเป็นระดับความจำ |

| จุดประสงค์ที่ต้องการวัด | พฤติกรรม | ข้อคำถามที่ | ระดับของการพิจารณาของผู้เชียวชาญ | | | เฉลี่ย | ผลการประเมิน | ข้อเสนอแนะ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | คนที่ 1 | คนที่ 2 | คนที่ 3 | | | |
| 18. อธิบายผลที่เกิดกับร่างกายจากการเปลี่ยนแปลงระดับฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเจริญพันธุ์ | การนำความรู้ไปใช้ | 27,28 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| 19. อธิบายกลไกการควบคุมแบบป้อนกลับในการรักษาสมดุลของฮอร์โมนในร่างกายได้ | ความจำ | 29 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | |
| | ความเข้าใจ | 30 | +1 | +1 | +1 | 1 | ผ่าน | 1. ปรับตัวเลือกที่ 1 ไม่ให้เป็นตัวเลือกที่คลุมเครือ |

GKORN UNIVERSITY

**ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater agreement index: RAI)**

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เป็นค่าบ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมิน 2 คน หรือมากกว่า โดยจะมีค่าตั้งแต่ 0 – 1 หากมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าผู้ประเมินสามารถให้คะแนนได้อย่างสอดคล้องกันสูงมาก แต่หากมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่ามีความสอดคล้องต่ำ

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน สามารถคำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^{K}\sum_{n=1}^{N} \left| R_{1nk} - R_{2nk} \right|}{KN(I-1)}$$

RAI แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

R1nk แทน คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 1 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

R2nk แทน คะแนนจากผู้ประเมินคนที่ 2 ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

K แทน จำนวนพฤติกรรมทั้งหมดที่ประเมิน

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ประเมิน

I แทน จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ตามเกณฑ์การให้คะแนน

จากคะแนนในส่วนที่ 3 สามารถนำมาคำนวณหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

| นักเรียนคนที่ | คะแนนจากผู้วิจัยในแต่ละพฤติกรรม ($R_{1nk}$) | | | | | คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญในแต่ละพฤติกรรม ($R_{2nk}$) | | | | | $\left\| R_{1nk} - R_{2nk} \right\|$ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

หมายเหตุ พฤติกรรมหมายเลข 1-5 มีความหมาย ดังนี้

1 หมายถึง การนับจำนวนองค์ประกอบ

2 หมายถึง การระบุระดับขององค์ประกอบ

3 หมายถึง การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบ

4 หมายถึง การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตรระหว่างองค์ประกอบ

5 หมายถึง การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์

จากตาราง จะได้ว่า $\sum_{k=1}^{5}\sum_{N=1}^{3} \left| R_{1nk} - R_{2nk} \right| = 2$

แทนค่าต่างๆ ลงในสูตรคำนวณ จะได้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k-1}^{K}\sum_{n-1}^{N} \left| R_{1nk} - R_{2nk} \right|}{KN(I-1)}$$

$$= 1 - \frac{2}{(5)(3)(3-1)}$$

$$= 0.93$$

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินมีค่า 0.93 แสดงว่าผู้ประเมินทั้ง 2 คน มีการประเมินที่มีความสอดคล้องกันสูงมาก ดังนั้น แบบประเมินการคิดเชิงระบบ จึงมีความเหมาะสมสามารถนำมาใช้ประเมินได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

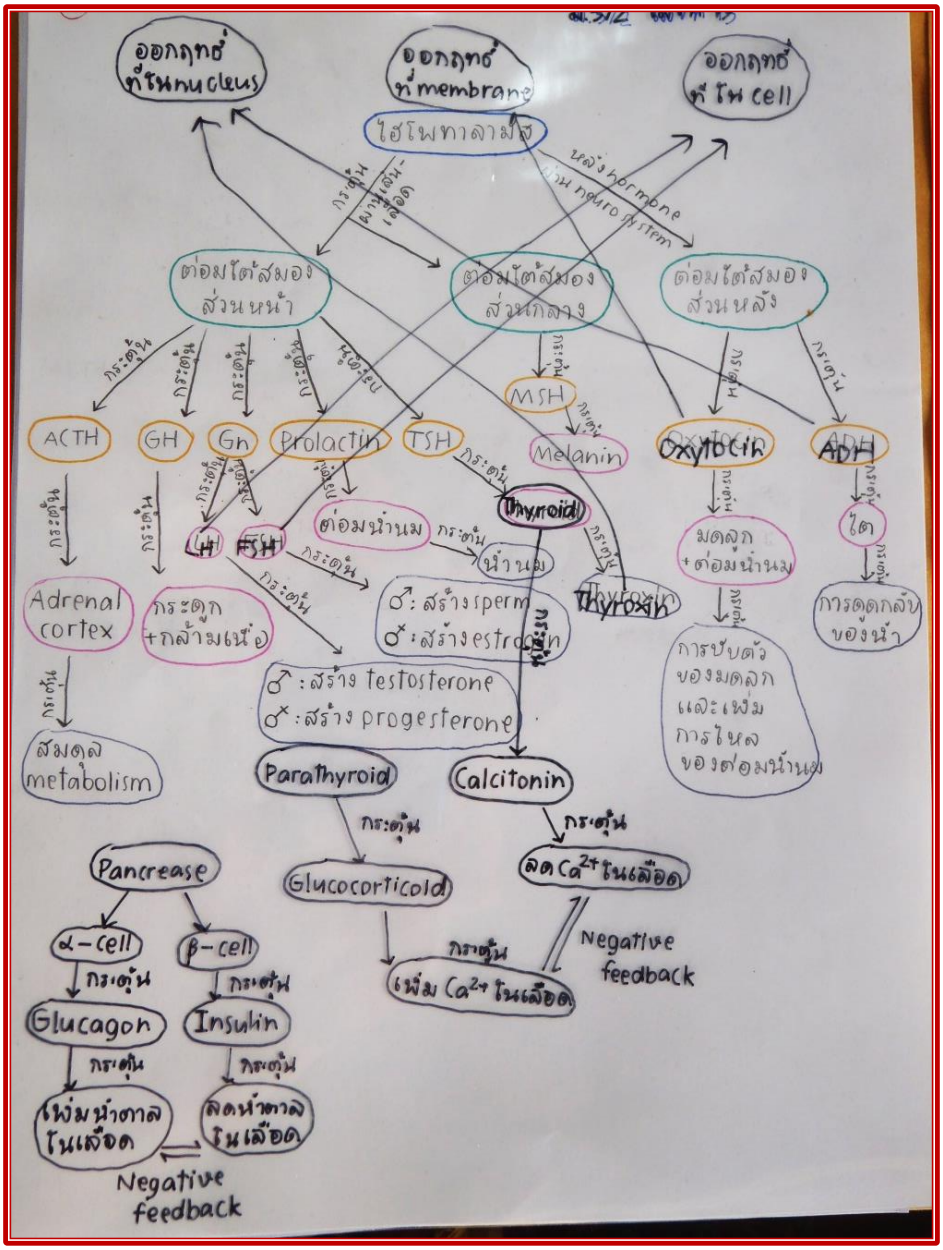
**ภาคผนวก จ**

**ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของการคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังทดลอง**

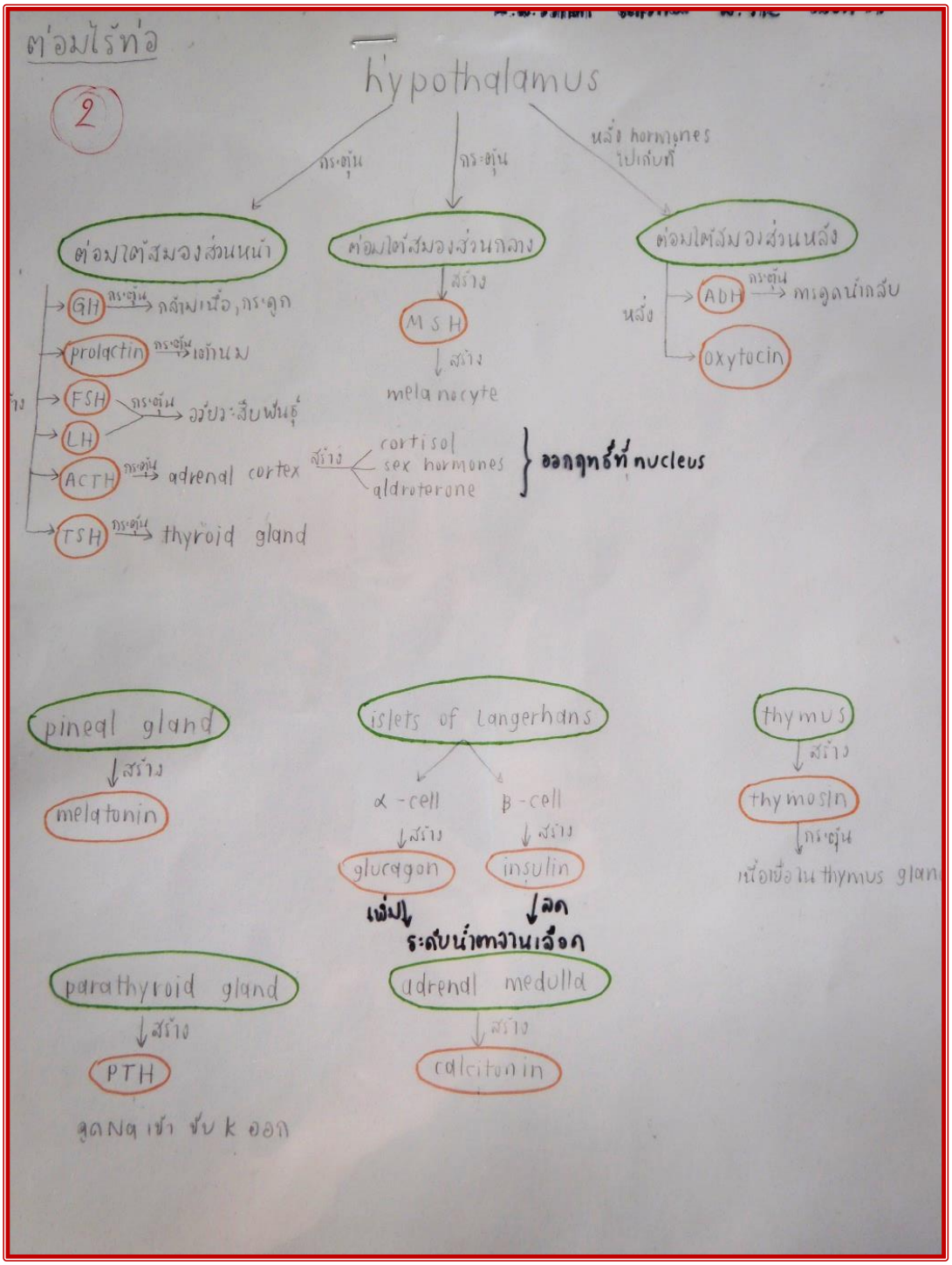
1. ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง
2. ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มควบคุม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

**1. ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลอง**

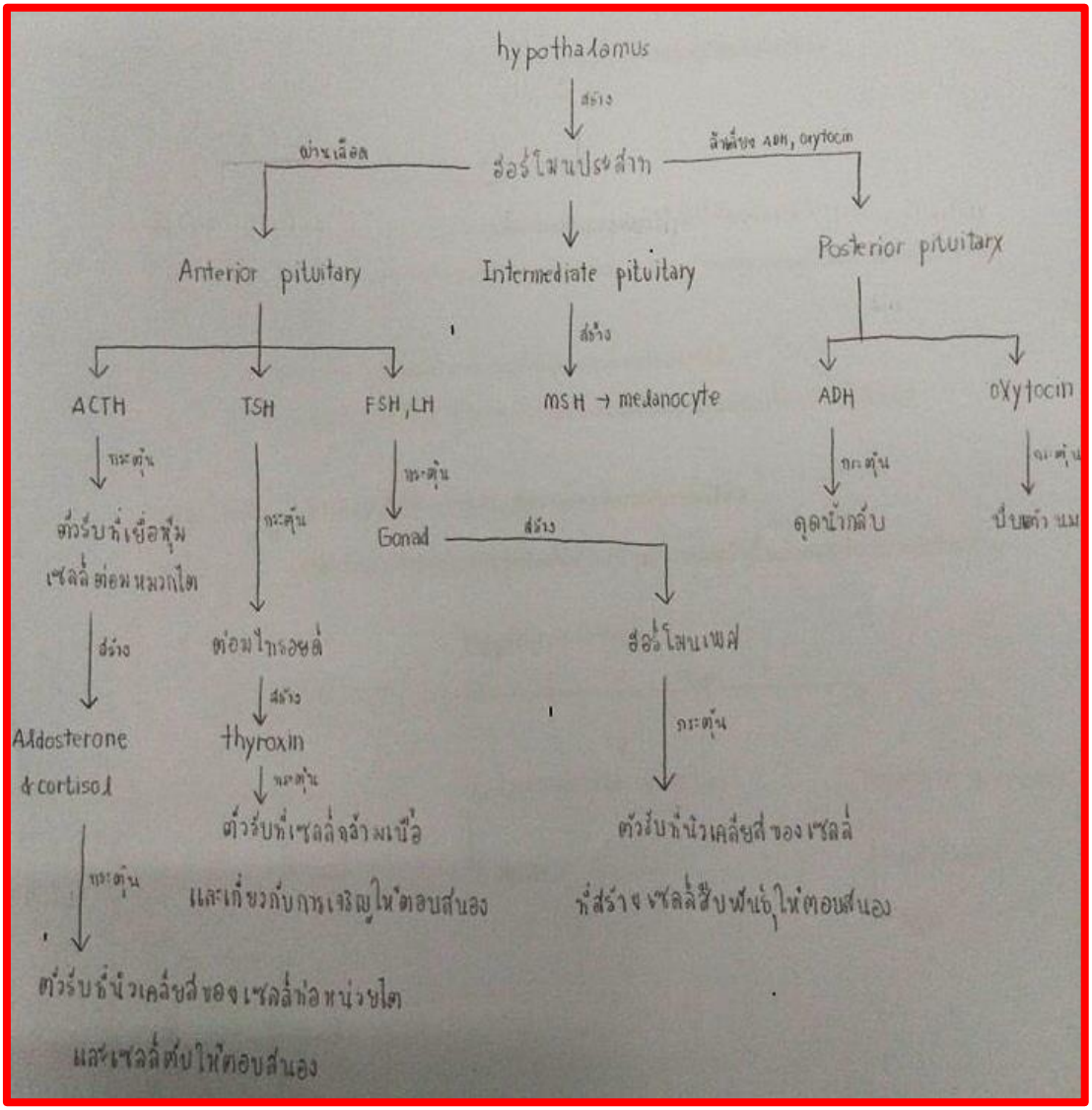



**ภาพที่ 7**แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถอยู่ในระดับสูงทุกด้าน

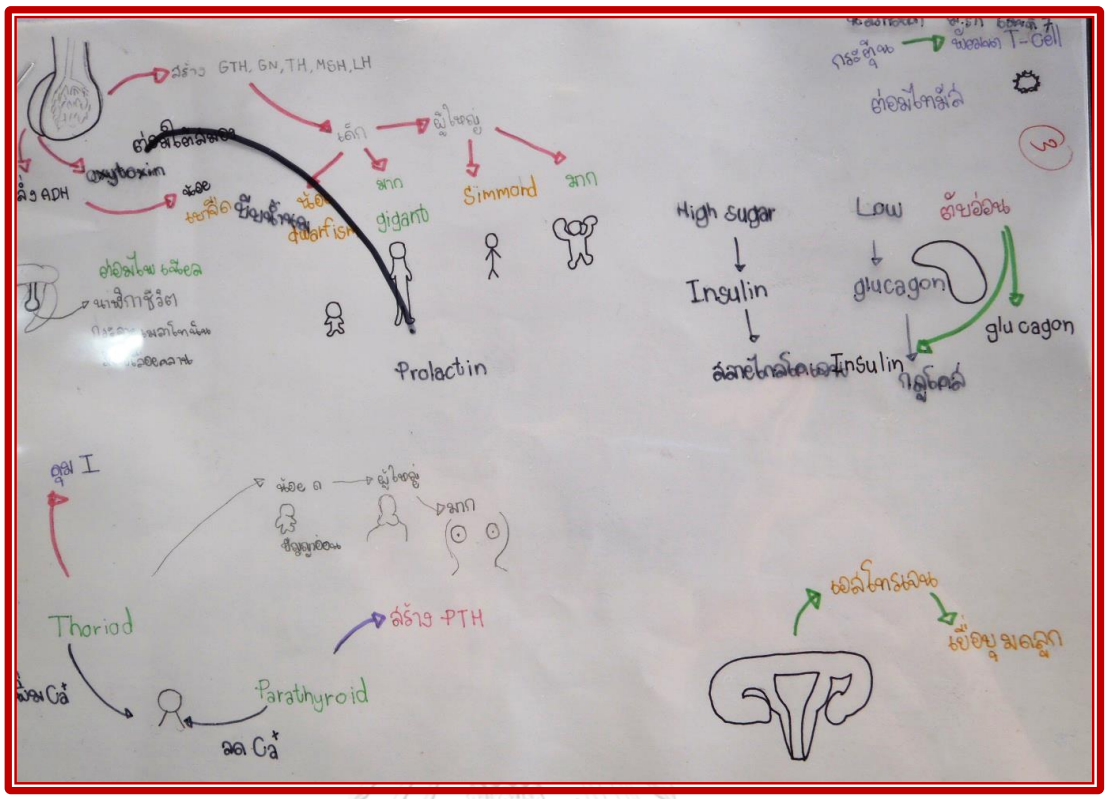



**ภาพที่ 8** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบของระบบในระดับสูง และด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับพื้นฐาน

**2. ตัวอย่างแผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มควบคุม**




**ภาพที่ 9** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบและด้านระบุความสัมพันธ์พื้นฐานของระบบอยู่ในระดับสูง และด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับพื้นฐาน




**ภาพที่ 10** แผนผังมโนทัศน์ของนักเรียนที่ได้รับการประเมินว่ามีความสามารถในการคิดเชิงระบบด้านระบุองค์ประกอบของระบบในระดับพื้นฐาน และด้านอื่น ๆ ได้รับการประเมินในระดับไม่มีความสามารถ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ เกิดวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ. 2528 ภูมิลำเนา จังหวัดศรีสะเกษ สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 2) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2550 โดยได้รับทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยตลอดการศึกษาในระดับปริญญาตรี และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY