

แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 The Guideline of Model-Based Learning to Promote Visual Literacy in Topic of Nervous System for Twelfth Grade Students

ชญจิรา ทองมาก* และ สุรีย์พร สว่างเมฆ
Tanjira Tongmak* and Sureeporn Sawangmek

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
Science Education, Faculty of Education, Naresuan University

*Corresponding author, E-mail: Tanjirat62@nu.ac.th, โทร. 08 4765 4011

วันที่ส่งบทความ 8 เมษายน 2565 วันที่แก้ไขครั้งสุดท้าย 14 พฤษภาคม 2565

วันที่ตอบรับบทความ 24 พฤษภาคม 2565 วันที่เผยแพร่ออนไลน์ 1 มกราคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพและผลการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ผู้เข้าร่วมวิจัยได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 45 คน ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ ใบกิจกรรมและแบบวัดความฉลาดรู้เชิงภาพ การวิเคราะห์ข้อมูลใช้วิธีวิเคราะห์เนื้อหา และการหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ผลการศึกษาพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้มีลักษณะดังนี้ 1) การกระตุ้นความสนใจและการสร้างแบบจำลองทางความคิดเดิมของนักเรียนโดยใช้สื่อวิดีโอที่เกี่ยวข้องเรื่องระบบประสาทในชีวิตประจำวันของนักเรียน 2) การประเมินและทบทวนแนวความคิดเดิมที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท โดยใช้สื่อวิดีโอที่นักเรียนสามารถศึกษาและทบทวนคำศัพท์ทางเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท 3) การสร้างแบบจำลองภาพโดยให้นักเรียนฝึกวาดภาพองค์ประกอบการวาดภาพทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องก่อนเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองภาพจากข้อมูลที่สืบค้นและเรียนรู้ได้ดีขึ้น 4) การประเมินแบบจำลองผ่านตั้งคำถามข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพที่สร้างขึ้นและกำหนดเวลาในการแก้ไขแบบจำลองภาพให้สมบูรณ์ 5) การขยายแบบจำลอง โดยใช้คำถามปลายเปิดในสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท ให้นักเรียนได้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างแบบจำลองภาพและเชื่อมโยงแบบจำลองภาพกับสถานการณ์ใหม่ได้ และผลจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความฉลาดรู้เชิงภาพเรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกจากระดับต่ำ (ร้อยละ 21.3) ไปสู่ระดับสูง (ร้อยละ 87.5)

คำสำคัญ: ความฉลาดรู้เชิงภาพ แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก มัธยมศึกษา

Abstract

This study aimed to explore the guidelines of model-based learning to promote visual literacy and the effect of implementing model-based instruction on visual literacy in the topic of the nervous system and sensory organs. The participants were 45 twelfth grade students selected by purposive sampling from one secondary school in Supanburi province in Academic Year 2564 B.E. The research instruments consisted of the 3 lesson plans, the learning reflection form, activity handouts and the visual literacy assessment form. The data were analyzed by content analysis, mean and percentage. The results showed that the guidelines of model-based learning to promote visual literacy were as follows: 1) engagement of students' attention and prior conceptual model construction through instructional videos about the nervous system in daily life, 2) assessment and revision of students' prior conceptual model regarding the nervous system topic by utilizing instructional videos which students can study and review for technical terms related to the nervous system, 3) student support by practicing of drawing relevant scientific illustration components in order to enhance better conceptual model construction from retrieved information, 4) evaluation of conceptual model through asking questions regarding benefits and disadvantages of the model constructed and allocating time for model revision, and 5) elaboration of the conceptual model by using open-ended questions with new situations related to nervous system topic and highlight the relationship between conceptual model and new situations. The results of using the model-based learning can promote visual literacy in topic of nervous system and sensory organs from low level (21.3%) to high level (87.5%).

Keywords: Visual literacy, Guidelines of model-based learning, Nervous system and sensory organs, Secondary school

บทนำ

การทำให้เห็นเป็นภาพ (visualization) เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ ในหลาย ๆ สาขาของวิทยาศาสตร์มักจะนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของภาพ เช่น กราฟ แบบจำลองจากคอมพิวเตอร์และ สูตรเคมี เป็นต้น (Vavra, Janjic-Watrich, Loerke, Phillips, Norris, & Macnab, 2011) จะเห็นได้ว่าการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของภาพสามารถเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ต่าง ๆ และเป็นสิ่งเชื่อมโยงช่องว่างระหว่างปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และปรากฏการณ์ที่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่าซึ่งช่วยให้เข้าใจปรากฏการณ์นั้น ๆ ได้ดียิ่งขึ้น (Tibell & Rundgren, 2010) นอกจากนี้การแสดงข้อความในรูปแบบของภาพจะทำหน้าที่ในการเป็นตัวแทนของสิ่งต่าง ๆ ได้ดีก็ต่อเมื่อผู้สร้างและผู้รับสารมีการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพ (visual literacy) ที่เพียงพอ (Tibell & Rundgren, 2010)

ความฉลาดรู้เชิงภาพเป็นสิ่งหนึ่งที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (Pem, 2019) โดยจะเห็นได้ว่าในชีวิตประจำวันของนักเรียนมีความเกี่ยวข้องกับสื่อต่าง ๆ ที่มากมายมหาศาลโดยเฉพาะสื่อในรูปแบบของภาพจากอินเทอร์เน็ต เช่น Facebook, Instagram, Twitter และทางโทรทัศน์ เช่น ละคร สื่อโฆษณา เป็นต้น (Lundy & Stephens, 2015) โดยพบว่านักเรียนใช้เวลากับสื่อภาพจากการดูโทรทัศน์และเล่นวิดีโอเกมมากถึง 20,000 และ 10,000 ชั่วโมง ตามลำดับ แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่านักเรียนใช้เวลากับสื่อที่เป็นข้อความจาก

การอ่านหนังสือเพียงแค่ 5,000 ชั่วโมงเท่านั้น (Prensky, 2001) โดยสื่อภาพที่นำเสนอออกมานั้นไม่ได้ถูกใช้เพื่อนำมาประกอบข้อความเท่านั้นแต่ถูกใช้เป็นส่วนหลักในการนำเสนอ เพราะฉะนั้นการใช้ภาพถือเป็นเครื่องมือที่สำคัญอย่างหนึ่งในการสื่อสารเป็นอย่างมากในโลกยุคปัจจุบัน (The ACRL Board of Directors, 2011; Rodriguez Estrada & Davis, 2015) ดังคำกล่าวของ Williams and Newton (2007) ที่กล่าวว่า “การที่จะเป็นนักเรียนในศตวรรษที่ 21 นั้นไม่เพียงแต่ต้องใช้ความสามารถทางการพูดและทางคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังสามารถตีความ วิเคราะห์ สร้างสรรค์ และใช้ภาพในการสื่อสารได้อย่างลึกซึ้ง”

แต่อย่างไรก็ตาม จากงานวิจัยของ Pem (2019) พบว่าถึงแม้นักเรียนจะใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับสื่อที่เป็นภาพแต่นักเรียนเป็นเพียงแค่ผู้รับสื่อภาพมาโดยตรงเท่านั้น ปราศจากการตีความหรือการตั้งคำถามเกี่ยวกับสื่อภาพที่แสดง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yeh and Cheng (2009) ที่กล่าวว่า การรับหรือใช้สื่อภาพมากไม่ได้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการใช้สื่อภาพที่มากขึ้น และการตีความเกี่ยวกับภาพไม่ได้เกิดขึ้นอย่างอัตโนมัติในสมองมนุษย์ นอกจากนี้จากการดำเนินโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) ในปี 2558 พบว่า นักเรียนไทยจำนวนเกือบครึ่งหนึ่งแสดงว่ารู้เรื่องวิทยาศาสตร์ยังไม่ถึงระดับพื้นฐาน (ระดับ 2) แสดงถึงนักเรียนสามารถใช้ความรู้ด้านเนื้อหาและกระบวนการสามัญเพื่อเลือกบอกคำอธิบายของปรากฏการณ์วิทยาศาสตร์อย่างง่ายที่ต้องการการคิดไม่มากและแปลความข้อมูลที่เห็นภาพหรือกราฟที่ต้องใช้การคิดเพียงเล็กน้อยส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถใช้ประโยชน์จากความรู้ได้ในชีวิตจริงในอนาคต แสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ในประเทศไทยยังขาดความสามารถในการหาความหมายตีความ วิเคราะห์และสร้างสรรค์สื่อภาพ

จากข้อมูลข้างต้นสอดคล้องกับปัญหาที่ผู้วิจัยพบในห้องเรียนคือ ในการเรียนวิชาชีววิทยาซึ่งศึกษาเกี่ยวกับสิ่งมีชีวิตและกระบวนการต่าง ๆ ในสิ่งมีชีวิต ในหนังสือเรียนจึงประกอบด้วยสื่อภาพต่าง ๆ อย่างมากมาย เช่น ภาพสิ่งมีชีวิต ภาพเสมือนจริง แบบแผนแสดงการทำงาน กราฟและแผนผังต่าง ๆ ซึ่งเป็นตัวแทนที่แสดงถึงกระบวนการที่ซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต จากการจัดการเรียนการสอนพบว่านักเรียนไม่สามารถเข้าใจความหมายของสื่อภาพได้เห็นได้จากนักเรียนไม่สามารถที่จะอธิบายภาพและใช้ภาพในการสื่อความหมายได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pem (2019) ที่กล่าวว่า การจะทำความเข้าใจสื่อภาพที่ซับซ้อนได้นั้นนักเรียนจำเป็นต้องเข้าใจถึงข้อความและภาพประกอบ ตัดสินใจเกี่ยวกับลำดับการอ่านข้อความและภาพประกอบ ตัดสินใจเกี่ยวกับข้อมูลและภาพที่จำเป็นและไม่จำเป็น พิจารณาความเกี่ยวข้องของภาพและข้อความ และบูรณาการชิ้นส่วนของข้อมูลจากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดทักษะที่ช่วยในการทำความเข้าใจสื่อภาพ เช่น การแปลความหมายภาพ (Phillips, 2010) และการตีความภาพ หรือที่เรียกว่า ความฉลาดรู้เชิงภาพ โดยความฉลาดรู้เชิงภาพนี้สำคัญกับการเรียนวิทยาศาสตร์มาก เนื่องจากเป็นส่วนช่วยส่งเสริมความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Norris, 2012; Phillips, Norris, & Macnab, 2010)

จากปัญหาดังกล่าวอาจมีสาเหตุเนื่องมาจากเวลาในการจัดการเรียนการสอนมีจำกัดแต่เนื้อหาปริมาณมากจึงส่งผลให้ภาพที่นำมาแสดงในชั้นเรียนนั้นถูกใช้ประโยชน์แค่ระบุว่าภาพนี้คืออะไรไม่ได้วิเคราะห์ภาพอย่างลึกซึ้ง และในห้องเรียนมีการสอนโดยเน้นการบรรยายเป็นหลัก ซึ่งการสอนในลักษณะนี้ส่งผลให้นักเรียนจะสามารถจดจำความรู้ได้เพียงแค่ 5 เปอร์เซ็นต์จากความรู้ทั้งหมด (NTL Institute, Personal Communication, 2009 as cited in Letrud, 2012) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการอธิบายเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมโดยไม่ได้ตีความภาพอย่างลึกซึ้งส่งผลให้ความเข้าใจในเนื้อหาที่สอนลดน้อยลงตามลำดับ (โชติภรณ์ และโพธิ์จรณ์, 2560) และภาพที่นำมาใช้ในการสอนมีการใช้เพื่อบอกให้นักเรียนทราบว่าสิ่งนี้คืออะไรแต่ไม่ได้ให้นักเรียนวิเคราะห์ ระบุรายละเอียด และอธิบายภาพ จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถเข้าใจรายละเอียดในภาพได้ชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ซึ่งเป็นระบบที่ซับซ้อน เป็นกระบวนการที่อยู่ภายใน

ร่างกายที่ไม่สามารถมองเห็นได้ และนอกจากนี้ยังมีคำศัพท์ทางเทคนิค และเนื้อหาที่เข้าใจยาก เพราะฉะนั้นในการจัดการเรียนรู้ควรจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ พร้อมกับให้นักเรียนได้เห็นสิ่งที่ป็นรูปธรรมเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจบทเรียนที่มีความเป็นนามธรรมได้ดียิ่งขึ้น ยกตัวอย่าง เช่น การใช้ภาพ แผนผัง ผังงาน และสถานการณ์จำลอง เป็นต้น (Moreno, Oogul, & Reisslein, 2011; Raiyn, 2016)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-Based Learning) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่ออำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้เกิดกระบวนการคิดของนักเรียนทั้งแบบเดี่ยวและแบบกลุ่ม (Gilbert & Boulter, 2000) การจัดการเรียนการสอนลักษณะนี้นักเรียนจะได้แสดงออกซึ่งความคิดของตนผ่านแบบจำลองที่หลากหลาย (รวีวรรณ เมืองรามัญ, และศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2556) โดยผ่านการรับรู้ที่หลากหลาย เช่น การได้ยิน การสัมผัสและการมองเห็น (Gilbert, 2011) พร้อมกับการให้เหตุผล ตีความ และสร้างสรรค์เพื่อสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพที่แสดงถึงมโนทัศน์ของนักเรียนออกมา (Buckley et al., 2004) เพราะฉะนั้นการที่นักเรียนจะสร้างแบบจำลองออกมาได้นั้นจึงต้องปฏิบัติหรือฝึกมองหาความหมาย ตีความ วิเคราะห์และสร้างสรรค์ จากข้อความข้างต้นบ่งบอกถึงการจะสร้างแบบจำลองได้นักเรียนจำเป็นต้องมีความฉลาดรู้เชิงภาพซึ่งเป็นทักษะที่แทรกอยู่ในกระบวนการสร้างแบบจำลอง (McTigue, 2011) ดังงานวิจัยของ Bell (2014) และ Gilbert (2005) ที่กล่าวว่า การจะสร้างแบบจำลองขึ้นได้นั้นจำเป็นต้องมีความฉลาดรู้เชิงภาพ และงานวิจัยของ Yerlikaya & Yerlikaya (2016) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองและความฉลาดรู้เชิงภาพมีความเกี่ยวเนื่องกัน

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
2. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ความฉลาดรู้เชิงภาพ คือความสามารถในการระบุรายละเอียดของภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท หรือสามารถบอกได้ว่าภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทหมายถึงสิ่งใด การค้นหาภาพหรือสื่อภาพเป็นการได้มาซึ่งภาพด้วยการตัดสินใจเลือกภาพที่เหมาะสมที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท การเข้าใจภาพหรือสื่อภาพบ่งบอกถึงการอธิบายภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทได้ การประเมินภาพเป็นประเมินถึงข้อดีข้อเสียของภาพ และตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท การใช้ภาพหรือสื่อภาพคือการใช้ภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทได้ตรงตามจุดประสงค์ การสร้างสรรค์ภาพเป็นการสร้างแบบจำลองภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท และการแยกแยะสิ่งสำคัญจากภาพเป็นการอธิบายถึงใจความสำคัญและสื่อสารภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (ปรับปรุงจาก Pem, 2019)

2. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน คือ กระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองภาพขึ้นมาเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท โดยผ่านกระบวนการ 5 ขั้นคือ 1) การสร้างแบบจำลองทางความคิด ครูใช้สื่อวิดีโอเพื่อเชื่อมโยงเนื้อหาเข้าสู่บทเรียน 2) การประเมินและทบทวนแนวความคิดเดิมของนักเรียนโดยใช้สื่อที่เป็นวิดีโอเพื่อสร้างความคุ้นเคยในบทเรียน 3) สร้างแบบจำลองครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากสื่อที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนภายในกลุ่ม

และนำข้อมูลที่ได้ไปสร้างแบบจำลองภาพเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น 4) ประเมินแบบจำลอง นักเรียนร่วมกันอภิปรายผ่านการตั้งคำถามให้เห็นถึงข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพที่ตนเองสร้างขึ้นและข้อบกพร่องพร้อมปรับปรุงแก้ไข 5) ขยายแบบจำลอง นำแบบจำลองภาพไปอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยใช้แบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักเรียนกับครูและนักเรียนกับนักเรียน

วิธีดำเนินการวิจัย

ขอบเขตงานวิจัย

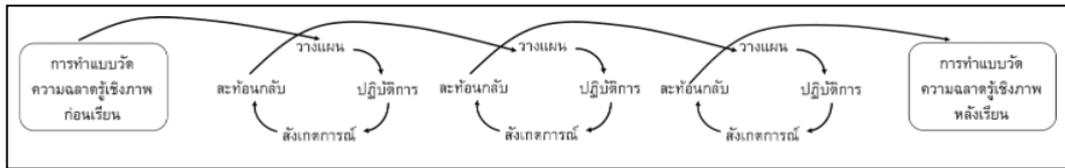
1. ขอบเขตด้านเนื้อหา เนื้อหาในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกประกอบไปด้วย ระบบประสาทโซมาติกของมนุษย์ ระบบประสาทอัตโนมัติของมนุษย์และอวัยวะรับความรู้สึก ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. ขอบเขตด้านสิ่งที่ศึกษา ได้แก่ แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก และความฉลาดรู้เชิงภาพเรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก
3. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ผู้เข้าร่วมวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 45 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โรงเรียนมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) ซึ่งเป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอนในรายวิชาชีววิทยา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 3 แผน ใช้เวลา 12 ชั่วโมง ผ่านการประเมินความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน ได้แก่ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาชีววิทยา ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และครูชำนาญการพิเศษในรายวิชาชีววิทยา พบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมาก (ค่าเฉลี่ยในภาพรวม 4.34)
2. แบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ สำหรับครูที่มีประสบการณ์ด้านการสอนจำนวน 1 คน และผู้วิจัย โดยผู้วิจัยจะนำข้อมูลที่ได้มาตีความและสรุปผลเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในครั้งต่อไป ผ่านการประเมินความเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยในภาพรวม 4.13)
3. ใบกิจกรรม สำหรับประกอบการทำกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองภาพระบบประสาทตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้เชิงภาพ ระหว่าง 0.67-1
4. แบบวัดความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก เป็นแบบเขียนตอบอิสระเพื่อให้ นักเรียนได้สร้างแบบจำลองภาพ จำนวน 3 สถานการณ์ คือ ระบบประสาทโซมาติก ระบบประสาทอัตโนมัติและอวัยวะรับความรู้สึก เพื่อวัดความฉลาดรู้เชิงภาพทั้ง 7 ตัวบ่งชี้ มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและจุดประสงค์ตามตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้เชิงภาพ ระหว่าง 0.67-1

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยได้ทำการศึกษาปัญหาในห้องเรียนจากการสังเกตและชิ้นงานนักเรียน พบว่านักเรียนควรได้รับการส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ ผู้วิจัยจึงออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล โดยดำเนินการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนวิชาชีววิทยา สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง ดำเนินการ 3 วงรอบ เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างวงรอบโดยใช้ใบกิจกรรมและแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ และผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดความฉลาดรู้เชิงภาพก่อนและหลังจากการจัดการเรียนรู้ ดังภาพ 1 หลังจากนั้นนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ต่อไป



ภาพ 1 ลำดับการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis) โดยนำข้อมูลจากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ที่ได้จากผู้วิจัยและครูที่มีประสบการณ์สอนชีววิทยา 1 ท่าน มาจัดระเบียบข้อมูล และวิเคราะห์ถึงปัญหาเพื่อนำมาปรับปรุงการจัดการเรียนรู้และสร้างเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ในวงรอบต่อไป และตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยใช้วิธีการตรวจสอบข้อมูลด้านแหล่งข้อมูล (Resource Triangulation)

2. การวิเคราะห์ความฉลาดรู้เชิงภาพ ใช้การตรวจให้คะแนนใบกิจกรรมและแบบวัดความฉลาดรู้เชิงภาพตามเกณฑ์การประเมินจาก Rubric scores ที่ปรับปรุงจาก ศิริเพ็ญ ภู่มณีญญา (2559) ให้สอดคล้องกับบริบทของการจัดการเรียนรู้ โดยหากแสดงพฤติกรรมครบถ้วนได้ 2 คะแนน แสดงพฤติกรรมบางส่วนได้ 1 คะแนน และไม่สามารถแสดงพฤติกรรมได้ 0 คะแนน หลังจากนั้นนำคะแนนมาจัดระดับตามเกณฑ์ดังนี้ ร้อยละคะแนนเฉลี่ย 61-100 หมายถึงมีความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับสูง ร้อยละคะแนนเฉลี่ย 50-60 หมายถึงมีความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับปานกลาง และร้อยละคะแนนเฉลี่ย 1-49 หมายถึงมีความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับต่ำ และมีการตรวจสอบคุณภาพของข้อมูลโดยใช้การตรวจสอบสามเส้าด้านวิธีการเก็บข้อมูล (Method Triangulation)

ผลการวิจัย

1. ผลแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ผู้วิจัยได้นำผลการศึกษามาวิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อหาแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ จากแบบสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 วงรอบ ได้ผลดังนี้

ตาราง 1 ผลการจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด ตามวงรอบปฏิบัติการที่ 1-3

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | วงจรปฏิบัติการที่ 1 | วงจรปฏิบัติการที่ 2 | วงจรปฏิบัติการที่ 3 |
|-----------------------------|---|---|--|
| ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด | ครูใช้สื่อวิดีโอเกี่ยวกับ การตอบสนองต่ออาหาร ของปะการังแอกเคนซึ่ง ห่างไกลจากตัวนักเรียน เนื่องจากมีระบบประสาทคนละแบบกับมนุษย์ส่งผลให้นักเรียนไม่คุ้นเคย และกระตุ้นความสนใจนักเรียน ได้น้อยและนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงสื่อเข้ากับความรู้เดิมผ่านทางภาพวาดได้ | ครูใช้สื่อวิดีโอข่าวเรื่องรถยนต์ ที่กำลังพุ่งเข้าหาผู้คนเพื่อเชื่อมโยงกับระบบประสาทอัตโนมัติของมนุษย์ซึ่งใกล้เคียงกับตัวนักเรียนมากขึ้น สามารถกระตุ้นความสนใจนักเรียนได้ดีขึ้น และนักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อเข้ากับความรู้เดิมได้ และสามารถแสดงความรู้เดิมผ่านทางภาพวาดได้ | ครูใช้สื่อวิดีโอเกี่ยวกับการตกของดวงอาทิตย์และให้นักเรียนใช้อวัยวะรับสัมผัสของนักเรียน รับสัมผัสสภาพผ่านการมอง รับสัมผัสเสียงผ่านการฟัง ส่งผลให้เชื่อมโยงสื่อเข้ากับความรู้เดิมได้ง่ายมากขึ้น และแสดงความรู้เดิมผ่านทางภาพวาดได้ดีขึ้น |

จากตาราง 1 การจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิดควรใช้สื่อวิดีโอที่ใกล้ตัวนักเรียนหรือสื่อที่อยู่ในชีวิตประจำวันของนักเรียนและสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอนเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสื่อกับความรู้อื่นๆของนักเรียนผ่านทางภาพวาดของนักเรียนได้ดีและกระตุ้นความสนใจจากนักเรียนได้

ตาราง 2 ผลการจัดการเรียนรู้ในขั้นประเมินและทบทวนแนวความคิดของนักเรียน ตามวงรอบปฏิบัติการที่ 1-3

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | วงจรกิจกรรมที่ 1 | วงจรกิจกรรมที่ 2 | วงจรกิจกรรมที่ 3 |
|--|--|---|---|
| ขั้นประเมินและทบทวนแนวความคิดของนักเรียน | ครูให้นักเรียนดูสื่อวิดีโอเกี่ยวกับเนื้อหาของระบบประสาท 1 รอบ นักเรียนยังจับใจความสำคัญจากวิดีโอได้ไม่ดีและไม่คุ้นเคยกับศัพท์ทางเทคนิค | ครูให้นักเรียนดูสื่อวิดีโอที่เกี่ยวกับระบบประสาท 2 รอบ นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญจากวิดีโอได้ สามารถใช้คำศัพท์ทางเทคนิคในภาพวาดของนักเรียนได้ | ครูให้นักเรียนดูสื่อวิดีโอ 2 รอบ พร้อมกับใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับวิดีโอ นักเรียนรู้จุดที่จุดต่อในภาพวาดของนักเรียนและสามารถแก้ไขภาพวาดได้ |

จากตาราง 2 การจัดการเรียนรู้ในขั้นประเมินและทบทวนแนวความคิดของนักเรียน ควรใช้สื่อวิดีโอให้นักเรียนได้ศึกษาจนกระทั่งนักเรียนเข้าใจ เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับคำศัพท์ทางเทคนิคและเนื้อหา หลังจากดูวิดีโอครูควรใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับวิดีโอเพื่อตรวจสอบความเข้าใจในเนื้อหาของนักเรียนและกระตุ้นให้นักเรียนได้เกิดการโต้ตอบ ส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ไขภาพวาดความรู้เดิมของนักเรียนโดยใช้ความรู้ใหม่ได้

ตาราง 3 ผลการจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างแบบจำลอง ตามวงรอบปฏิบัติการที่ 1-3

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | วงจรกิจกรรมที่ 1 | วงจรกิจกรรมที่ 2 | วงจรกิจกรรมที่ 3 |
|--------------------------|---|---|--|
| ขั้นสร้างแบบจำลอง | ครูให้เวลาในการฝึกวาดภาพก่อนการสร้างแบบจำลอง น้อย นักเรียนไม่กล้าที่จะวาดภาพส่งผลให้นักเรียนใช้เวลาในการสร้างแบบจำลองภาพและแบบจำลอง | ครูให้เวลานักเรียนในการฝึกวาดภาพก่อนการสร้างแบบจำลองภาพ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองภาพกับนักเรียน นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองภาพตรงตามเนื้อหามากขึ้นแต่ยังไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ | ครูแนะนำเว็บไซต์ภาพและแบบจำลองภาพที่เกี่ยวข้องกับเรื่องระบบประสาท นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองภาพได้หลากหลายและเหมาะสมกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ |

จากตาราง 3 การจัดการเรียนรู้ในขั้นสร้างแบบจำลอง ครูควรให้นักเรียนได้มีเวลาฝึกวาดภาพโดยให้นักเรียนได้รู้จักองค์ประกอบภาพทางวิทยาศาสตร์ก่อนการสร้างแบบจำลองภาพ และให้คำแนะนำเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง เช่น แนะนำให้นักเรียนได้เห็นถึงจุดที่สำคัญของเนื้อหา การใช้สี การใช้เครื่องหมายต่าง ๆ ในแบบจำลองภาพ นอกจากนี้ครูควรแนะนำเว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับภาพให้นักเรียนได้เห็นถึงความหลากหลายของภาพต่าง ๆ และสร้างแบบจำลองภาพได้สอดคล้องกับเนื้อหาและสถานการณ์ที่กำหนดให้มากขึ้น

ตาราง 4 ผลการจัดการเรียนรู้ในชั้นประเมินแบบจำลอง ตามวงรอบปฏิบัติการที่ 1-3

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | วงรอบปฏิบัติการที่ 1 | วงรอบปฏิบัติการที่ 2 | วงรอบปฏิบัติการที่ 3 |
|--------------------------|---|---|--|
| ชั้นประเมินแบบจำลอง | ในการอภิปรายถึงข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพ ครูมีบทบาทเป็นส่วนใหญ่ในการพูดเกี่ยวกับจุดเด่นจุดด้อยของแบบจำลองภาพของนักเรียน นักเรียนมีการโต้ตอบคำครุ่่น้อย และนักเรียนใช้เวลาในการแก้ไขแบบจำลองภาพน้อย | ครูกระตุ้นนักเรียนด้วยคำถามเกี่ยวกับข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพ นักเรียนมีการโต้ตอบกับครูมากขึ้น สามารถเห็นจุดเด่นจุดด้อยของแบบจำลองตนเอง แต่ยังไม่เพียงพอ | ครูกำหนดเวลาในการแก้แบบจำลองภาพให้กับนักเรียน นักเรียนสามารถแก้ไขแบบจำลองภาพได้ตามเวลาที่กำหนด |

จากตาราง 4 การจัดการเรียนรู้ในชั้น ประเมินแบบจำลอง ครูควรตั้งคำถามกับนักเรียนเกี่ยวกับข้อดีข้อเสียของแบบจำลอง เช่น นักเรียนเห็นอะไรจากแบบจำลองบ้าง นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่นำมาอธิบายกระบวนการของระบบประสาทมากน้อยเพียงไร องค์ประกอบของแบบจำลองครบถ้วนหรือไม่ เป็นต้น เพื่อให้ นักเรียนได้แสดงถึงผลการประเมินข้อดีข้อเสียของแบบจำลองของตนเองและสามารถแก้ไขแบบจำลองได้ นอกจากนี้ครูควรกำหนดเวลาในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการแก้ไขแบบจำลองภาพเพื่อให้นักเรียนได้ใช้เวลาได้อย่างเหมาะสม

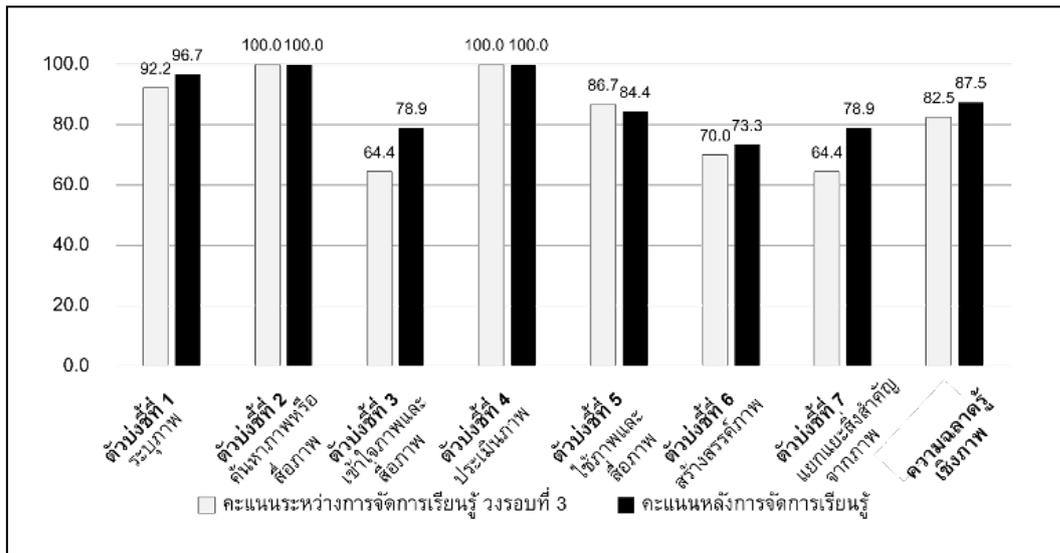
ตาราง 5 ผลการจัดการเรียนรู้ในชั้นขยายแบบจำลอง ตามวงรอบปฏิบัติการที่ 1-3

| ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ | วงรอบปฏิบัติการที่ 1 | วงรอบปฏิบัติการที่ 2 | วงรอบปฏิบัติการที่ 3 |
|--------------------------|--|---|---|
| ชั้นขยายแบบจำลอง | ครูมีใช้คำถามปลายปิด ในการอภิปรายแบบจำลองภาพกับสถานการณ์ใหม่ นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองภาพให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดได้ | ครูใช้คำถามปลายเปิด นักเรียนแสดงความคิดเห็นมากขึ้นและสามารถเชื่อมโยงแบบจำลองเข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้ดี แต่ในช่วงสรุปบทเรียนนักเรียนยังมีส่วนร่วมน้อย | ครูใช้คำถามปลายเปิดและสรุปเนื้อหาพร้อมกับนักเรียน โดยให้นักเรียนได้พูดอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้มากขึ้น โดยมีครูคอยกำหนดขอบเขตของเนื้อหา |

จากตาราง 5 การจัดการเรียนรู้ในชั้นขยายแบบจำลอง ครูควรใช้คำถามปลายเปิดที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของแบบจำลองภาพและสถานการณ์ เช่น สถานการณ์ที่เกิดขึ้นส่งผลกระทบต่อร่างกายนักเรียนบ้างและมีความสัมพันธ์อย่างไรกับแบบจำลองภาพของนักเรียน เป็นต้น การใช้คำถามปลายเปิดส่งผลให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและกล้าที่จะโต้ตอบมากขึ้น นอกจากนี้ในช่วงสรุปบทเรียนควรให้นักเรียนได้เป็นผู้สรุปความรู้โดยการพูดในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้โดยครูเป็นผู้กำหนดขอบเขตของเนื้อหา

2. ผลของการส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

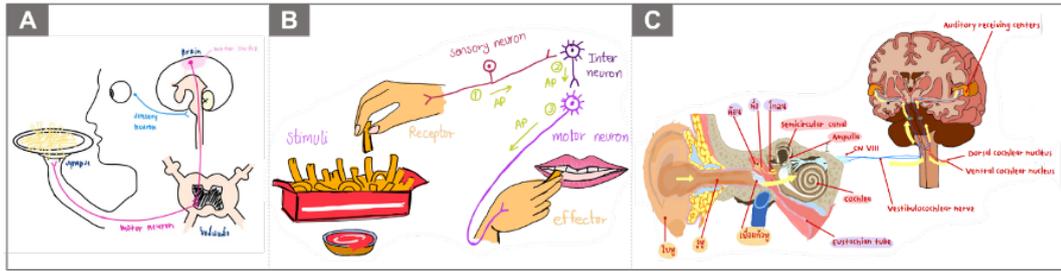
ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลของความฉลาดรู้เชิงภาพเรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้และแบบวัดความฉลาดรู้เชิงภาพหลังการจัดการเรียนรู้ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก จำแนกตามตัวบ่งชี้และภาพรวมของความฉลาดรู้เชิงภาพ ได้ผลดังนี้



ภาพ 2 เปรียบเทียบร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนในแต่ละตัวบ่งชี้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากภาพ 2 พบว่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพแต่ละตัวบ่งชี้ระหว่างการจัดการเรียนรู้ อยู่ระหว่าง 64.4 ถึง 100.0 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความฉลาดรู้เชิงภาพระหว่างการจัดการเรียนรู้ของทุกตัวบ่งชี้อยู่ในเกณฑ์ระดับสูง สอดคล้องกับร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพแต่ละตัวบ่งชี้หลังการจัดการเรียนรู้อยู่ระหว่าง 73.3 ถึง 100.0 แสดงถึงนักเรียนมีความฉลาดรู้เชิงภาพหลังการจัดการเรียนรู้ของทุกตัวบ่งชี้ อยู่ในเกณฑ์ระดับสูงเช่นเดียวกัน

โดยตัวบ่งชี้ของความฉลาดรู้เชิงภาพที่นักเรียนสามารถพัฒนาได้ดีมากที่สุด ได้แก่ ตัวบ่งชี้ที่ 2 ค้นหาภาพหรือสื่อภาพ แสดงให้เห็นถึงว่านักเรียนสามารถค้นหาภาพจากแหล่งข้อมูลที่นำเสนอและเลือกภาพตัวอย่างเพื่อนำมาสร้างแบบจำลองภาพได้อย่างเหมาะสม และตัวบ่งชี้ที่ 4 ประเมินภาพ แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถมองเห็นจุดดีจุดด้อยของแบบจำลองภาพที่นักเรียนได้สร้างขึ้นและสามารถพัฒนาแบบจำลองภาพของนักเรียนได้นอกจากนี้ยังพบว่าในตัวบ่งชี้ที่ 5 ใช้ภาพและสื่อภาพมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยระหว่างการจัดการเรียนรู้มากกว่าหลังการจัดการเรียนรู้ โดยมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยคือ 86.7 และ 84.4 ตามลำดับ และในตัวบ่งชี้ที่ 6 สร้างสรรค์ภาพเป็นตัวบ่งชี้ที่นักเรียนได้ร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพหลังการจัดการเรียนรู้น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพทุกตัวบ่งชี้



ภาพ 3 แบบจำลองภาพแสดงการทำงานของระบบประสาทโสมาติก (A และ B) และอวัยวะรับสัมผัส (C) ในสถานการณ์นำเฟรนช์ฟรายส์เข้าปาก (A และ B) และการรับเสียง (C) ในวงรอบที่ 1 (A และ B) และวงรอบที่ 3 (C)

- A: แบบจำลองภาพที่แสดงถึงความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับสูง
- B: แบบจำลองภาพที่แสดงถึงความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับปานกลาง
- C: แบบจำลองภาพที่แสดงถึงความฉลาดรู้เชิงภาพในระดับต่ำ

ในภาพรวมพบว่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพโดยคิดรวมทุกตัวบ่งชี้พบว่าในระหว่างการจัดการเรียนรู้ คือ 82.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง ซึ่งสอดคล้องกับร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพหลังการจัดการเรียนรู้คือ 87.5 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงเช่นกัน แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถส่งเสริมความฉลาดรู้เชิงภาพ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกได้ในระดับสูง

อภิปรายผลการศึกษา

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อส่งเสริมการรู้เชิงภาพ เรื่อง ระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึก ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลองทางความคิด ครูใช้สื่อวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทของมนุษย์ในชีวิตประจำวันส่งผลให้นักเรียนสนใจในเนื้อหาที่จะเรียนมากขึ้น จากงานวิจัยของ Blair & Serafini (2014) จะเห็นได้ว่าการนำสื่อเข้ามาใช้ในชั้นเรียนสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสื่อที่นำมาใช้ มีลักษณะที่ใกล้ตัวกับนักเรียนซึ่งยิ่งใกล้ตัวมากเท่าไรนักเรียนก็จะรู้สึกมีส่วนร่วมกับการเรียนมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลให้นักเรียนอยากเรียนรู้มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rahman, Ramakrishnan, and Ngamassi (2019) ที่กล่าวว่า การทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมจะส่งผลให้นักเรียนมีความพึงพอใจและสนใจที่จะเรียนมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากนักเรียนสามารถแสดงความรู้เดิมออกมาผ่านภาพวาดที่มีองค์ประกอบและสัญลักษณ์ของภาพที่ชัดเจนและเข้าใจง่าย

ขั้นที่ 2 ประเมินและทบทวนแนวความคิดของนักเรียน ครูให้นักเรียนได้ดูสื่อวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาท 1 รอบ พบว่านักเรียนโดยส่วนใหญ่ไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้เนื่องจากนักเรียนไม่เข้าใจคำศัพท์ทางเทคนิค หลังจากนั้นปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้โดยครูให้นักเรียนได้ดูสื่อที่สามารถทบทวนเพิ่มเติมได้ พบว่านักเรียนสามารถจำคำศัพท์ทางเทคนิคได้ดีขึ้นซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัฐสภา แก่นแก้ว (2561) ที่กล่าวว่า การทำให้นักเรียนได้ทำซ้ำส่งผลให้นักเรียนจดจำและมีความคงทนในการจำ นอกจากนี้ครูมีการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากวิดีโอ เพื่อให้นักเรียนได้มีการตอบโต้และมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Emaliana (2017) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เป็นผู้ทำกิจกรรมด้วยตนเองส่งผลให้นักเรียนสนใจในสิ่งที่เรียน สนุกกับสิ่งที่ได้เรียนรู้และนักเรียนสามารถพัฒนาการเรียนรู้ได้เห็นได้จากนักเรียนสามารถเห็นจุดดีจุดเด่นของภาพวาดจากความรู้เดิมและสามารถพัฒนาภาพวาดของนักเรียนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 3 สร้างแบบจำลอง ครูให้เวลานักเรียนได้ฝึกวาดภาพองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับระบบประสาทโดยเริ่มให้นักเรียนได้รู้จักเส้น พื้นผิวว่าง รูปร่าง และรูปแบบ หลังจากนั้นให้นักเรียนนำองค์ประกอบที่ได้เรียนรู้มาประกอบเป็นรูปภาพของสมองทำให้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการวาดภาพและสามารถวาดภาพได้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ตามงานวิจัยของ Dempsey and Betz (2009) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการวาดภาพทางชีววิทยาสำหรับการเรียนรู้ ก่อนการสร้างแบบจำลองภาพเพื่อให้นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการวาดภาพ และนักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองภาพได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wu and Rau (2018) ที่กล่าวว่า การให้นักเรียนได้วาดภาพซ้ำ ๆ ช่วยให้นักเรียน สร้างแบบจำลองได้ดีขึ้นและเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้ในการสร้างแบบจำลองภาพในแต่ละครั้งนักเรียนจำเป็นต้องสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับภาพ เลือกใช้ภาพจากแหล่งข้อมูลนั้น ๆ และระบุรายละเอียดภายในภาพ ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพไปพร้อม ๆ กัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yerlikaya & Yerlikaya (2016) ที่กล่าวว่า การสร้างแบบจำลองและความฉลาดรู้เชิงภาพมีความเกี่ยวเนื่องกัน นอกจากนี้ยังพบว่ากระบวนการสร้างแบบจำลองภาพยังส่งผลให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาาระบบประสาทได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Seel (2017) ที่กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีขึ้น และ Wu and Rau (2018) ที่กล่าวว่าการสร้างแบบจำลองด้วยตัวนักเรียนส่งผลให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

ขั้นที่ 4 ประเมินแบบจำลอง การจัดการเรียนการสอนในวงรอบที่ 1 ครูพูดเกี่ยวกับข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพของนักเรียนด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนมีบทบาทน้อยในวงรอบนี้ หลังจากนั้นครูปรับการสอนโดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้นโดยการใช้คำถามที่กระตุ้นให้นักเรียนได้เห็นถึงความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองภาพ ซึ่งคำถามจะสามารถส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ดีขึ้น (Cano, Garcia & Justicia, 2017) และส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการประเมินและมองเห็นจุดดีจุดด้อยของแบบจำลองภาพที่นักเรียนสร้างได้ชัดเจนขึ้น และสามารถแก้ไขแบบจำลองภาพของนักเรียนได้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Rapp (2005) ที่กล่าวว่า การมีประสบการณ์ที่มากขึ้นและมองเห็นข้อบกพร่องของแบบจำลองจะช่วยให้สามารถปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง ครูใช้คำถามปลายเปิดในวงรอบที่ 1 ส่งผลให้นักเรียนไม่กล้าตอบคำถามและไม่สามารถเชื่อมโยงแบบจำลองของนักเรียนให้เข้ากับสถานการณ์ใหม่ได้ หลังจากนั้นครูใช้คำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนได้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างแบบจำลองภาพและสถานการณ์ที่ได้กำหนดให้ พบว่านักเรียนโต้ตอบกับครูมากขึ้น ตอบคำถามได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น สามารถอธิบายรายละเอียดของแบบจำลองได้ดีขึ้น สอดคล้องกับสถานการณ์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Vale and Leder (2004) ได้กล่าวว่าการถามคำถามปลายเปิดส่งผลให้นักเรียนสามารถตอบคำถามได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น และงานวิจัยของ Sukmawati, Sopandi, and Sujana (2020) ที่กล่าวว่า การอ่าน การตอบ การโต้แย้งและการอธิบาย ส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น

2. ความฉลาดรู้เชิงภาพเรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เมื่อจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการวิเคราะห์ผลความฉลาดรู้เชิงภาพเรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกโดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่าระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนมีร้อยละคะแนนความฉลาดรู้เชิงภาพทุกตัวบ่งชี้อยู่ในระดับสูง และเมื่อดูความฉลาดรู้เชิงภาพรวมทุกตัวบ่งชี้ระหว่างการจัดการเรียนรู้และหลังการจัดการเรียนรู้พบว่าความฉลาดรู้เชิงภาพอยู่ในเกณฑ์ระดับสูงเช่นเดียวกัน แสดงถึงนักเรียนสามารถระบุภาพ ค้นหาภาพ อธิบายภาพ ประเมินภาพ ใช้ภาพ สร้างสรรค์ภาพ และแยกแยะสิ่งสำคัญจากภาพได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนรู้ที่

อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้แบบจำลอง และสามารถพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ได้ (Gilbert, 2011) นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้นักเรียนได้ใช้สื่อภาพจากการค้นภาพจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งการใช้ภาพเข้ามาเกี่ยวข้องเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองทางความคิดได้ (Reiner, 2018) โดยในการสร้างแบบจำลองภาพนักเรียนจำเป็นต้องระบุดองค์ประกอบ อธิบายแบบจำลองภาพและค้นหาข้อมูลภาพจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ และมีการเชื่อมโยงแบบจำลองภาพที่สร้างกับสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพได้ นอกจากนี้แบบจำลองภาพยังเป็นตัวกลางสื่อสารถึงความเข้าใจในบทเรียนของนักเรียนได้อย่างมีคุณภาพเป็นอย่างมาก (Tversky, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ญัฐพล กวดไทย และสุมาลี ชุกำแพง (2564) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถพัฒนาการสร้างแบบจำลองได้

เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพรายตัวบ่งชี้พบว่าตัวบ่งชี้ที่ 2 การค้นหาภาพหรือสื่อภาพ และตัวบ่งชี้ที่ 4 การประเมินภาพ อยู่ในระดับสูง เนื่องจากตัวบ่งชี้ที่ 2 นั้นในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นการสร้างแบบจำลองนักเรียนได้ค้นหาภาพจากแหล่งข้อมูลทั้งเว็บไซต์และหนังสือเพื่อให้ได้ภาพที่หลากหลายและเหมาะสม ส่งผลให้นักเรียนได้รู้จักแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและมีความน่าเชื่อถือส่งผลให้เกิดการพัฒนาตัวบ่งชี้ที่ 2 การค้นหาภาพเพิ่มมากขึ้นตามลำดับสอดคล้องกับงานวิจัยของ โชคอนันต์ จึงเจริญรัตน์, ดนุลา จามจุรี, มารุต พัฒผล และมนตรี แยมสิกร (2563) ที่กล่าวว่านักเรียนได้ทำกิจกรรมที่ต้องใช้เทคโนโลยีในการเข้าถึงข้อมูลจะสามารถช่วยส่งเสริมทักษะการคัดกรองข้อมูลและการวางแผนการหาข้อมูลได้ และในกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นประเมิน ในวงจรปฏิบัติการแรกนักเรียนยังไม่สามารถประเมินถึงข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพได้ แต่เมื่อได้ปรับเพิ่มการใช้คำถามถึงข้อดีข้อเสียของแบบจำลองภาพที่สร้างขึ้นและกำหนดเวลาในการแก้ไขแบบจำลองภาพให้สมบูรณ์ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกในการมองเห็นถึงข้อดีข้อเสียของแบบจำลองและพัฒนาแบบจำลอง จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถพัฒนาความสามารถในตัวบ่งชี้ที่ 4 การประเมินภาพได้ดีขึ้นเนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์ที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Gilbert (2011) ที่กล่าวว่า การตั้งคำถามและคำแนะนำจากครูบางส่วนช่วยให้นักเรียนสามารถมองเห็นสิ่งที่นักเรียนค้นหาได้ และงานวิจัยของ Rapp (2005) ที่กล่าวว่าประสบการณ์ที่มากขึ้นในการสร้างแบบจำลองสอดคล้องกับความสามารถในการพัฒนาแบบจำลองที่มากขึ้น

อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพในตัวบ่งชี้ที่ 5 การใช้ภาพและสื่อภาพ พบว่ามีความแตกต่างจากตัวบ่งชี้อื่น ๆ เนื่องจากร้อยละคะแนนเฉลี่ยระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากกว่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยหลังการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากช่วงระหว่างการจัดการเรียนรู้มีการใช้กระบวนการกลุ่มในการทำกิจกรรมส่งผลให้นักเรียนสามารถร่วมกันเลือกใช้สัญลักษณ์และภาพในการสร้างแบบจำลองภาพได้ดีกว่าหลังการจัดการเรียนรู้ซึ่งนักเรียนต้องสร้างแบบจำลองภาพด้วยตัวนักเรียนเองเท่านั้นสอดคล้องกับอมรรรัตน์ วิริชิตกุล และ เบญจพร สว่างศรี (2564) ที่กล่าวว่าในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีการใช้กระบวนการกลุ่ม ทำให้นักเรียนได้มีการพูดคุยและแลกเปลี่ยนความเห็นระหว่างกัน รวมถึงการช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่มทำให้งานมีประสิทธิภาพมากขึ้น (นราลักษณ์ ผ่องปัญญา และ ยศวีร์ สายฟ้า, 2561) และในผลการพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพในตัวบ่งชี้ที่ 6 การสร้างสรรค์ภาพ เป็นตัวบ่งชี้ที่นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพหลังการจัดการเรียนรู้ต่ำที่สุด เนื่องจากในตัวบ่งชี้ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองภาพที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบประสาทตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถสร้างแบบจำลองภาพเพื่อแสดงการทำงานของระบบประสาทได้อย่างครบถ้วนเนื่องจากการสร้างแบบจำลองภาพเพื่ออธิบายเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่งให้สามารถเข้าใจหรือครบถ้วนได้นั้น นักเรียนจำเป็นต้องรู้ถึงใจความสำคัญของเรื่องนั้น ๆ และนำใจความสำคัญนั้นมาสร้างเป็นแบบจำลองภาพ ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ Gilbert (2011) ที่กล่าวว่า หลายคน

สามารถสร้างแบบจำลองได้แต่ในการสร้างแบบจำลองเพื่อที่จะสามารถสื่อให้ผู้อื่นเข้าใจได้นั้น จำเป็นจะต้องมีสิ่งที่สำคัญ ภายใต้อัจฉริยะที่สำคัญของสิ่งนั้น ๆ

ข้อเสนอแนะจากการทำวิจัย

การพัฒนาความฉลาดรู้เชิงภาพในส่วนของโครงสร้างสรรค์ภาพให้ดีขึ้นโดยการสร้างแบบจำลองภาพนั้น ก่อนทำกิจกรรมควรให้นักเรียนได้ฝึกวาดภาพที่นักเรียนคุ้นเคยหรือรูปทรงอย่างง่ายรวมถึงองค์ประกอบการวาดภาพทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับการวาดภาพก่อน

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาผลของกระบวนการกลุ่มที่ส่งผลต่อความฉลาดรู้เชิงภาพในแต่ละตัวบ่งชี้เนื่องจากในการทำวิจัยในตัวบ่งชี้ที่ 5 เลือกใช้ภาพและสื่อภาพหลังการจัดการเรียนรู้มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความฉลาดรู้เชิงภาพน้อยกว่าระหว่างการจัดการเรียนรู้ที่มีการจัดกิจกรรม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณาจารย์ของคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้เชี่ยวชาญ และครูผู้สอนที่ได้มีส่วนช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้

รายการอ้างอิง

- โชคอนันต์ จีงเจริญรัตน์, ดนุลดา จามจรี, มารุต พัฒนาผล และมนตรี แยมกสิกร (2563). การศึกษาคูณลักษณะความสามารถในการใช้เทคโนโลยีสร้างสรรค์อย่างมีวิจารณญาณสำหรับผู้เรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา*, 16(2), 180-189.
- โชติภรณ์ ลีเวียง และไพโรจน์ เต็มเตชาดิพงษ์. (2560). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ (Proceedings) การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, 963-974.
- ณัฐพล กวดไทย, และสุมาลี ชุกำแพง. (2564). ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รายวิชาชีววิทยา ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 14(2), 63-71.
- นราลักษณ์ ผ่องปัญญา, และ ยศวีร์ สายฟ้า. (2561). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยใช้แนวคิดการใช้ปัญหาเป็นฐานผ่านกระบวนการกลุ่มเพื่อเสริมสร้างความสามารถในการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 13(2), 264-274.
- รวีวรรณ เมืองรามัญ, และศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกของเราของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 4(1), 38-45.
- รัฐสภา แก่นแก้ว. (2561). การใช้เทคนิควิธีการฝึกทักษะและทำแบบฝึกหัดบนระบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามทฤษฎีพฤติกรรมนิยม. ใน *การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 13 ประจำปี 2561* (น.1-10). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ศิริเพ็ญ กลุ่มภิญโญ. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้แบบผสมผสานโดยใช้เครื่องมือทางปัญญาร่วมกับกระบวนการออกแบบอินโฟกราฟิกส์เพื่อเสริมสร้างการรู้ที่ชนะและการสร้างสรรค์สำหรับนักศึกษาศิลปศึกษา. วิทยานิพนธ์, ครุศาสตร์ดุสิตบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อมรรัตน์ วิริจิตกุล, และ เบญจพร สว่างศรี. (2564). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการกลุ่มเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.สุวรรณภูมิ*, 5, 63-75.
- The ACRL Board of Directors. (2011). ACRL Visual Literacy Competency Standards for Higher Education. Retrieved April, 18, 2020, from <http://www.ala.org/acrl/standards/visualliteracy>.
- Bell, J.C. (2014). Visual Literacy Skills of Students in College-Level Biology: Learning Outcomes following Digital or Hand-Drawing Activities. *The Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 5(1), 1-14.
- Blair, Risa. & Serafini, M. Tina. (2014). Integration of Education: Using Social Media Networks to Engage Students. *Journal on Systemics, Cybernetics and Informatics*, 12, 28-31.
- Buckley, B.C., & et al. (2004). Model-Based Teaching and Learning With BioLogica™: What Do They Learn? How Do They Learn? How Do We Know?. *Journal of Science Education and Technology*. 13(1), 23-41.

- Cano, F., Garcia, A., Berben, A., & Justicia, F. (2014). Science Learning: A path analysis of its links with reading comprehension, question-asking in class and science achievement. *International Journal of Science Education, 36*(10), 1710-1732.
- Dempsey, B.C. & Betz, B.J. (2009). Biological Drawing A Scientific Tool For Learning. *The American Biology Teacher, 217-279*
- Emaliana, I. (2017). Teacher-centered or Student-centered Learning Approach to Promote Learning?. *Jurnal Sosial Humaniora, 10*(2), 59-70.
- Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A Metacognitive Skill in Science and Science Education. In J.K. Gilbert, (Ed), *Visualization in Science Education* (p.9-27). Netherlands: Springer.
- Gilbert, J. K., & Boulter, C.J. (2000). *Developing models in science education*. Netherlands: Kluwer Academic.
- Gilbert, S.W. (2011). *Models-Based Science Teaching*. USA: National Science Teachers Association.
- Letrud, K. (2012). A rebuttal of NTL Institute's learning pyramid. *Education, 133*(1), 117-124.
- Lundy, A.D., & Stephens, A. E. (2015). Beyond the literal: Teaching visual literacy in the 21st century classroom. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 174*, 1057-1060.
- McTigue, E.M. (2011). Science Visual Literacy: Learners' Perceptions and Knowledge of Diagrams. *The Reading Teacher, 64*(8), 578-589.
- Moreno, R., Ozogul, G., & Reisslein, M. (2011). Teaching with concrete and abstract visual representations: Effects on students' problem solving, problem representations, and learning perceptions. *Journal of Educational Psychology, 103*(1), 32-47.
- Pem, K. (2019). Enhancing High Order Science Visual Literacy Skills in Biology Learners. Retrieved from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED594127.pdf>
- Phillips, L.M., Norris, S.P., & Macnab, J.S. (2010). *Visualization in Mathematics, Reading and Science Education*. New York : Springer.
- Raiyn, J. (2016). The Role of Visual Learning in Improving Students' High-Order Thinking Skills. *Journal of Education and Practice, 7*(24), 115-121.
- Rapp, N. D. (2005). Mental Models: Theoretical Issues for Visualizations in Science Education. In J.K. Gilbert (Ed.), *Visualization in Science Education* (p.43-60). Netherlands: Springer.
- Reiner, M. (2018). The Nature and Development of Visualization: A Review of what is Known. In J.K. Gilbert et al. (Ed.), *Visualization Theory and Practice in Science Education* (p.25-27). New York: Springer.
- Rodriguez Estrada, F.C., & Davis, L. (2015). Improving Visual Communication of Science Through the Incorporation of Graphic Design Theories and Practices Into Science. *Science Communication, 37*(1), 140-148.

- Sukmawati, D., Sopandi, W., & Sujana, A. (2020). The Application of Read-Answer-Discuss-Explain-and Create (Radec) Models to Improve Student Learning Outcomes in Class V Elementary School on Human Respiratory System. *Proceedings The 2nd International Conference on Elementary Education*, 2(1), 1734-1742.
- Tibell, L. A. E. & Rundgren, C. J. (2010). Educational challenges of molecular life science: characteristics and implications for education and research. *CBE-Life Sciences Education*, 9, 25-33.
- Tversky, B. (2005). Prolegomenon to Scientific Visualizations. In J.K. Gilbert (Ed.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (p.29–42). New York: Springer.
- Vale, C. M. & Leder, G. C. (2004). Student Views of Computer-Based Mathematics in The Middle Years: Does Gender Make a Difference?. *Educational Studies in Mathematics*, 56, 287–312.
- Wu Sally P.W. & Rau, M. A. (2018). Effectiveness and efficiency of adding drawing prompts to an interactive educational technology when learning with visual representations. *Learning and Instruction*, 55, 93-104.
- Yeh, Hsin-Te & Cheng, Yi-Chia. (2009). The influence of the instruction of visual design principles on improving pre-service teachers' visual literacy. *Computers & Education*, 54(1), 244-252.
- Yerlikaya, A., & Yerlikaya, M. (2016). Models Usage in Teaching Astronomy and Visual Literacy. *Participatory Educational Research (PER)*, 3, 77-94.

Translated Thai References

- Juengjareernrat, C., Jamjuree, D., Patphol, M. & Yamkasikorn, M. (2020). The Study Attributes of Capability to Critically Use Technological Creativity of the Upper Secondary School Students. *Journal of Yala Rajabhat University*, 16(2), 180-189. [in Thai]
- Kankeaw, R. (2018). Drill and Practice Technique on Learning Management System for Enhanced Academic Achievement Based on Behaviorism Theory. The 13th National and International Sripatum University Conference, 1-10. [in Thai]
- Kuatthai, N., & Chookhampaeng, S. (2021). Development Modelling Ability of Grade 10 Students in Biology Using Model-based Learning. *Sisaket Rajabhat University Journal*, 14(2), 63-71. [in Thai]
- Leeweang, C. & Termtachartpong, P. (2017). Using Model-Based Learning for Enhancing 11th Grade Student's Mental Models of Atomic Structure and Students' satisfaction with teaching and learning management. *The 17th Graduate Studies of Northern Rajabhat University Conference* (p.963-974).
- Muangramun, R. & Pitipornatapin, S. (2013). Enhancing Grade 8th Students' Understanding of Scientific Concept in Topic of "Our Earth" Using Model-based Learning. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 4(1), 38-45. [in Thai]

- Phongpanya, N., & Saifah, Y. (2018). Effects of Learning Activities Using a Problem-Based learning Approach With a Group Process to Enhance the Problem Solving Abilities of Fifth Grade Students. *An Online Journal of Education*, 13(2), 264-274. [in Thai]
- Pumahapinyo, S. (2016). *Development of a Blended Learning Model Using Cognitive Tools and Infographic Design Process to Enhance Visual Literacy and Creativity for Art Education* (Master's thesis). Bangkok: Chulalongkorn University. [in Thai]
- Wirikhitkul, A., & Sawangsri, B. (2021). The Development of Learning Activity Package Using Group Process to Promoting Basic Science Process Skills for Prathomsuksa 4. *Journal of Science and Technology RMUTSB*, 5, 63-75. [in Thai]