

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมา

ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาเพื่อพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เพื่อหาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ชุดจำลองการกรองของหน่วยไตของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยแสดงรายละเอียดแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว
3. ระบบขับถ่ายของมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2
4. ไตและการกรองของหน่วยไต
5. กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องการกรองของหน่วยไต
6. การประยุกต์ใช้และพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต
7. การทดสอบประสิทธิภาพชุดทดลอง
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เนื่องจากเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตต่างๆ ส่วนเป็นผลมาจากความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งสิ้น (จินตวีร์ โยสีดา, 2554 : 1) วิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดการพัฒนาวิสัยทัศน์ การค้นคว้าหาข้อมูล และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการที่หลากหลาย มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551 : 1 - 2) ครูผู้สอนมีบทบาทในการออกแบบการเรียนรู้ จัดการเรียนรู้ และเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมกับกิจกรรม ผู้เรียนจึงจะเกิดการพัฒนาระบวนการเรียนรู้ของตนเองอย่างต่อเนื่อง การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ จำเป็นต้องใช้หลักการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน (บัญชา แสนทวี และคณะ, 2551 : 3) ผู้เรียนจะต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายเป็นเครื่องมือที่จะนำพาตนไปสู่

เป้าหมายของหลักสูตร กระบวนการเรียนรู้ที่จำเป็นสำหรับผู้เรียน อาทิ กระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์จริง กระบวนการปฏิบัติการหรือการ ลงมือทำ เป็นต้น

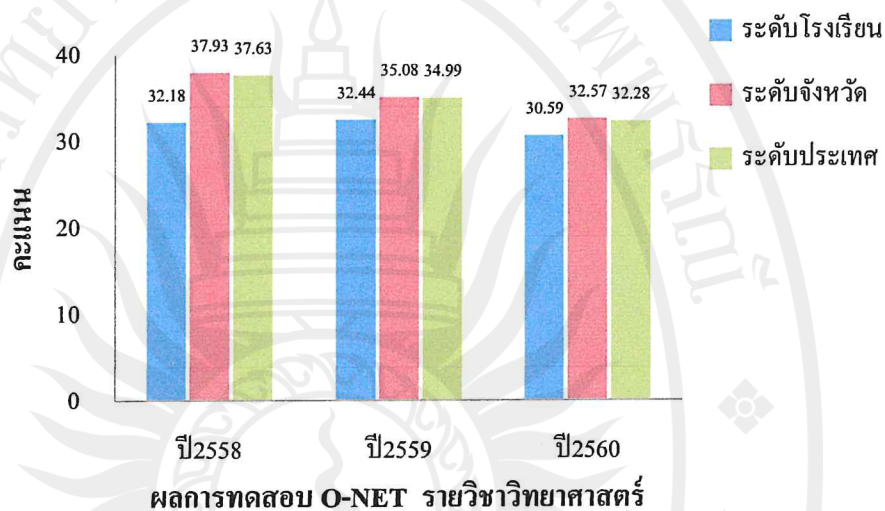
หลักสูตรแกนกลางสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มุ่งเน้นให้เด็กใช้สื่อตามความเหมาะสมกับระดับพัฒนาการของผู้เรียน ผู้เรียนผู้สอนสามารถจัดหา จัดทำ และพัฒนาสื่อการเรียนรู้ขึ้นเอง หรือปรับปรุงสื่อจากสื่อต่างๆ ที่มีอยู่รอบตัว สื่อการเรียนรู้เป็นเครื่องมือส่งเสริมสนับสนุนกระบวนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเข้าถึงความรู้ ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะตามมาตรฐานของหลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ สื่อการเรียนรู้มีหลายประเภท เช่น สื่อธรรมชาติ สื่อสิ่งพิมพ์ สื่อเทคโนโลยี รวมถึงชุดปฏิบัติการ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551 : 9 - 13) สื่อที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบได้ลงมือทำ อันได้แก่ การเรียนรู้จากประสบการณ์จริง และการจำลองสถานการณ์ การอภิปรายกลุ่มจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพราะการได้ลงมือทำปฏิบัติการจะทำให้ให้นักเรียนเห็นภาพ พัฒนาทักษะในการแก้ปัญหา ทำความเข้าใจด้วยตนเอง และสามารถสรุปอภิปรายผลภายในกลุ่มได้ (ศุภศิลป์ เฟื่องฟู และอภิชาติ พงพล. 2557 : 14 - 17)

การสอนโดยใช้การทดลองปฏิบัติการเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แนวประจักษ์ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง ผ่านกระบวนการพิสูจน์ ทดสอบ และเห็นผลประจักษ์ด้วยตนเอง จึงเกิดการเรียนรู้ได้ดี มีความเข้าใจ และจดจำการเรียนรู้นั้นได้นาน อีกทั้งยังเป็นวิธีสอนที่ผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้และพัฒนาทักษะกระบวนการต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการคิด และทักษะกระบวนการกลุ่ม ทั้งได้พัฒนานิสัยใฝ่รู้ หากผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมมาก จะทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ (ทิสนา แจมมณี. 2552 : 1 - 5)

การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว

การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว อำเภอเกาะช้าง จังหวัดตราด ดำเนินการ โดยยึดวิธีปฏิบัติตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ และเข้ารับการประเมินผลการทดสอบเพื่อวัดความรู้และความคิดของนักเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ในหลักสูตรอย่างสม่ำเสมอผ่านการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) โดยผลการทดสอบของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560 (ภาพประกอบ 1) พบว่าคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 32.18, 32.44 และ 32.18 ซึ่งน้อยกว่าระดับประเทศร้อยละ 14.48, 7.28 และ 5.23 โดยโรงเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในสาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตต่ำกว่าระดับประเทศร้อยละ 17.62, 2.22

และ 4.83 นับเป็นสาระที่โรงเรียนควรเร่งพัฒนาเป็นอันดับที่ 2, 5 และ 3 ตามลำดับ (โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. 2558 : 5; 2559 : 5; 2560 : 4) จากข้อมูลผลการทดสอบข้างต้น จึงสามารถสรุปได้ว่า สาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตและกระบวนการดำรงชีวิต เป็นอีกสาระหนึ่งที่ควรเร่งพัฒนามากที่สุด

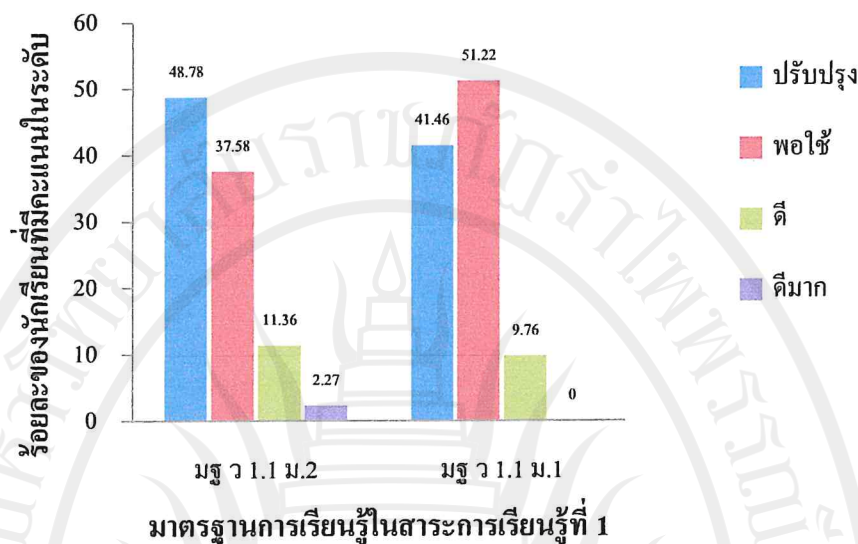


ภาพประกอบ 1 แผนภูมิแสดงผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐาน (O-NET) รายวิชาวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2558 - 2560

ที่มา : โรงเรียนบ้านคลองพร้าว. 2558 : 5; 2559 : 5; 2560 : 4.

เมื่อพิจารณาการประเมินผลการเรียนรู้รายมาตรฐานตามกำหนดของกระทรวงศึกษาธิการ ด้วยข้อสอบมาตรฐานกลางโดย สทศ. รายวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นปี การศึกษา 2560 (ภาพประกอบ 2) เพื่อหาข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของมาตรฐานที่ควรปรับปรุงแก้ไขในสาระการเรียนรู้ที่ 1 พบว่า คะแนนมาตรฐานการเรียนรู้ที่ 1.1 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง ระบบร่างกาย มีผลคะแนนในระดับปรับปรุงมากที่สุด (ร้อยละ 48.78) จึงควรเร่งพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกาย ก่อนเป็นอันดับแรก (กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

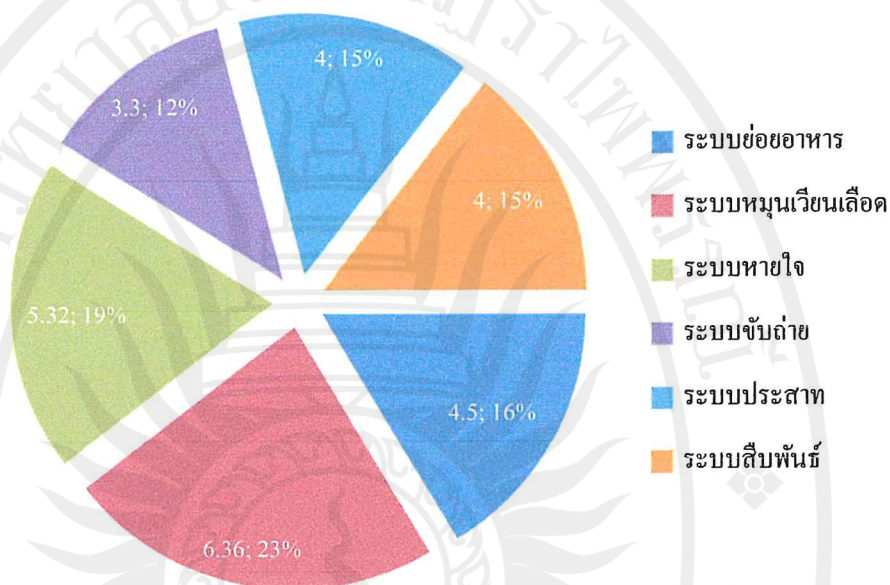


ภาพประกอบ 2 แผนภูมิเปรียบเทียบผลการประเมินรายมาตรฐานการเรียนรู้ ในสาระที่ 1 ด้วยข้อสอบมาตรฐานกลาง โดยสทศ. ปีการศึกษา 2560

ที่มา : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากครูผู้สอนระดับมัธยมศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบ้านคลองพร้าว โดยใช้คะแนนเฉลี่ยรายหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย รายวิชาวิทยาศาสตร์ จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนแต่ละระบบ ได้แก่ ระบบย่อยอาหาร (4.50 คะแนน) ระบบหมุนเวียนเลือด (6.36 คะแนน) ระบบหายใจ (5.32 คะแนน) ระบบขับถ่าย (3.30 คะแนน) ระบบประสาทและการแสดงพฤติกรรม (4.00 คะแนน) และระบบสืบพันธุ์ (4.00 คะแนน) (ภาพประกอบ 3) พบว่า ระบบขับถ่ายมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำที่สุด คือ 3.30 คะแนน โดยระบบขับถ่ายมีขอบเขตเนื้อหาเกี่ยวกับการขับถ่าย ไตและการทำงานของไต ซึ่งมีรายละเอียดของเนื้อหาค่อนข้างมาก และอีกทั้งมีเพียงบทปฏิบัติการการศึกษาโครงสร้างของไต หรือปฏิบัติการกรองอย่างง่าย อาจส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความเข้าใจและเกิดมีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนเนื้อหาดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่กล่าวว่าหากเนื้อหาในการเรียนมีรายละเอียดมาก ต้องท่องจำ และขาดนวัตกรรมหรือสื่อการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น จะส่งผลให้เกิดปัญหาในการสอนวิทยาศาสตร์ (พรพิระ สังข์กระแสน์. 2548 :1) จึงจำเป็นที่จะต้องรีบแก้ไขหรือพัฒนานวัตกรรม สื่อการสอนที่ช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น การพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เป็นอีกแนวทางแก้ปัญหาอีกทางหนึ่งที่น่าจะส่งเสริมการเรียนรู้

และช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาการเรียนได้ดีมากขึ้น ทั้งยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้เกิดสัมฤทธิ์ผลมากยิ่งขึ้น



ภาพประกอบ 3 คะแนนเฉลี่ยรายหัวข้อ หน่วยการเรียนรู้ระบบร่างกาย รายวิชาวิทยาศาสตร์ 3 ปีการศึกษา 2560

ที่มา : กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. 2560.

ระบบขับถ่ายของมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2

ระบบการขับถ่าย คือ การกำจัดของเสียที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมในเซลล์ เนื่องจากร่างกายของมนุษย์มีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นในเซลล์ เรียกว่า กระบวนการเมแทบอลิซึม ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการนี้ หากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์จะถูกเก็บไว้ใช้งาน แต่ผลิตภัณฑ์ชนิดใดที่ร่างกายไม่ต้องการ ร่างกายจำเป็นต้องกำจัดออกหรือเปลี่ยนเป็นสารที่มีอันตรายน้อยกว่าและกำจัดออกนอกร่างกายเพื่อรักษาภาวะธำรงดุลของร่างกาย (มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา (สอวน.). 2560)

สารที่ร่างกายต้องการกำจัดออกมี 2 ประเภท ได้แก่ สารที่เป็นพิษต่อร่างกาย เช่น สารประกอบไนโตรเจนที่เกิดจากการสลายโปรตีน เช่น แอมโมเนีย ยูเรีย ยูริก และสารที่มีมากเกินไป เช่น น้ำ กลีเซอรอล ไขมันที่ร่างกายมนุษย์ใช้ทำหน้าที่กรองและขับสารที่ไม่ต้องการเหล่านี้ คือ ไค ซึ่งจะขับถ่ายของเสียที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปของยูเรียทางปัสสาวะ การกำจัด

ของเสียในร่างกายเกิดขึ้นได้หลายทาง เช่น ทางไต ทางผิวหนัง ทางปอด ทางลำไส้ใหญ่ เป็นต้น ไตทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดที่ไหลผ่านไตที่บริเวณท่อของหน่วยไตจะมีการดูดซึมสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น แร่ธาตุ น้ำตาลกลูโคส กรดอะมิโนรวมทั้งน้ำกลับคืนสู่หลอดเลือดฝอยและเข้าสู่หลอดเลือดดำ (เมลดา ยมจินดา, สุภาพร ส่งสกุล และอภิญญา กวดแก้ว. 2558; อภิระดี แสงสุริยันต์. 2556)

ไตและการกรองของหน่วยไต

มนุษย์มีไต 2 ข้าง รูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว อยู่เหนือเอว หลังกระเพาะอาหาร ใกล้กับกระดูกสันหลัง ไตแต่ละข้างจะต่อไปยังท่อไต แล้วไปยังกระเพาะปัสสาวะ ซึ่งเป็นถุงกล้ามเนื้อเรียบทำหน้าที่เก็บปัสสาวะและออกทางท่อปัสสาวะ (ภาพประกอบ 4 ก) ซึ่งเปิดออกใกล้ช่องคลอดในเพศหญิง และออกทางองคชาติในเพศชาย ถ้าผ่าไตตามยาวจะพบว่าไตประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้น คือเปลือกไตชั้นนอกกับเปลือกไตชั้นใน (ภาพประกอบ 4 ข) มีขนาดยาวประมาณ 10 เซนติเมตร กว้าง 6 เซนติเมตร หนา 3 เซนติเมตร บริเวณตรงกลางของไตมีส่วนเว้าเป็นกรวยไต มีหลอดไตต่อไปยังกระเพาะปัสสาวะ ไตประกอบด้วยส่วนประกอบ ดังนี้

1. หน่วยไต (Nephron) ไตแต่ละข้างประกอบด้วยหน่วยไตข้างละประมาณล้านหน่วย ขดไปมา (ภาพประกอบ 4 ค) ซึ่งทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือดและสร้างเป็นปัสสาวะ หน่วยไตประกอบด้วยหลอดไต (ภาพประกอบ 4 ง) หน่วยไตแต่ละหน่วยจะสร้างปัสสาวะได้ ดังนั้น ถ้าผู้ใดมีไตข้างเดียวและทำงานได้เป็นปกติก็สามารถดำรงชีพอยู่ได้

2. ท่อไต (Ureter) เป็นท่อ 2 ข้างที่นำน้ำปัสสาวะออกจากไตไปสู่กระเพาะปัสสาวะ

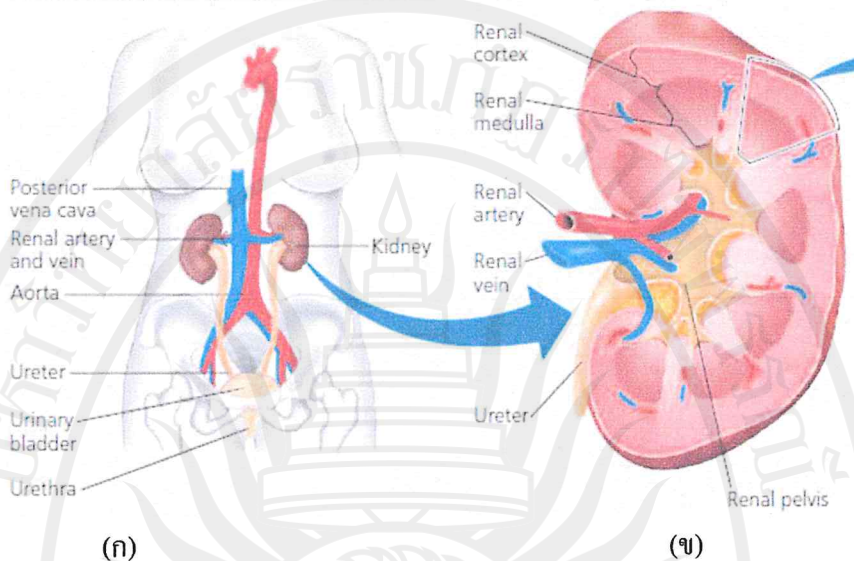
3. ท่อปัสสาวะ (Urethra) เป็นท่อที่นำปัสสาวะจากกระเพาะปัสสาวะออกจากร่างกาย

4. กระเพาะปัสสาวะ (Urinary bladder) เป็นถุงสะสมน้ำปัสสาวะ ผิวด้านในมีรอยย่นสามารถขยายออกได้ กระเพาะปัสสาวะปกติมีความจุได้ประมาณ 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อมีปัสสาวะประมาณ 210 - 300 มิลลิลิตรจะรู้สึกปวดอยากถ่ายปัสสาวะ เนื่องจาก ปัสสาวะไปกระตุ้นปลายประสาทที่ผนังกระเพาะปัสสาวะ ทำให้กระเพาะปัสสาวะหดและบีบตัวเอาปัสสาวะออกทางท่อปัสสาวะเพื่อขับออกนอกร่างกาย ผู้ใหญ่ปกติจะถ่ายปัสสาวะ 600 - 1,600 มิลลิลิตรต่อวัน ส่วนในเด็กไม่สามารถกลั้นปัสสาวะได้เพราะระบบประสาทยังไม่สมบูรณ์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

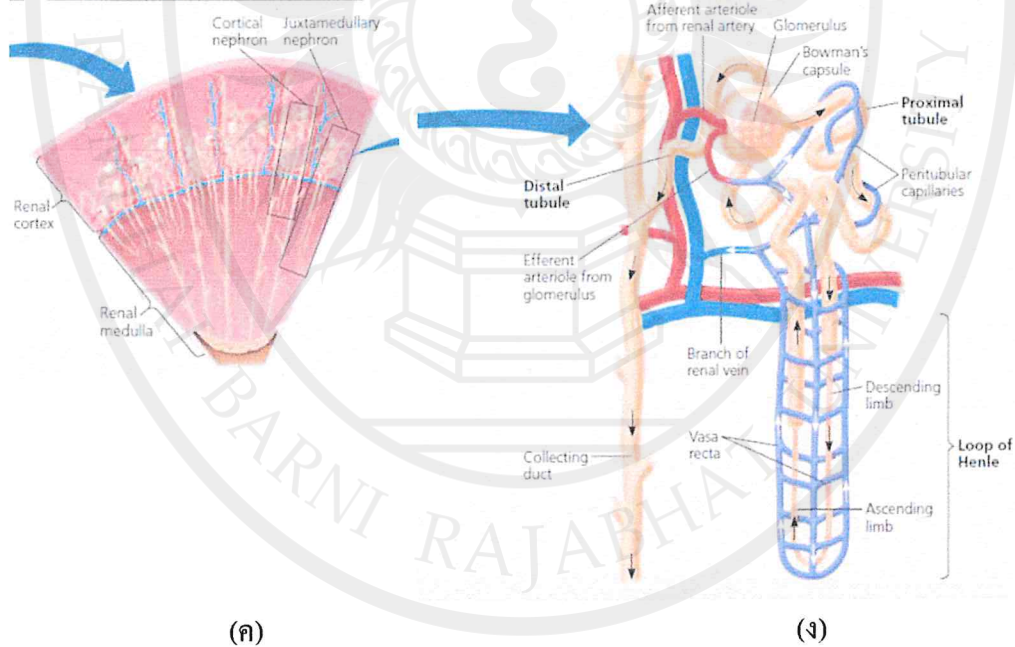
Excretory Organs

Kidney Structure



Nephron Types

Nephron Organization



ภาพประกอบ 4 ไตและส่วนประกอบของไต

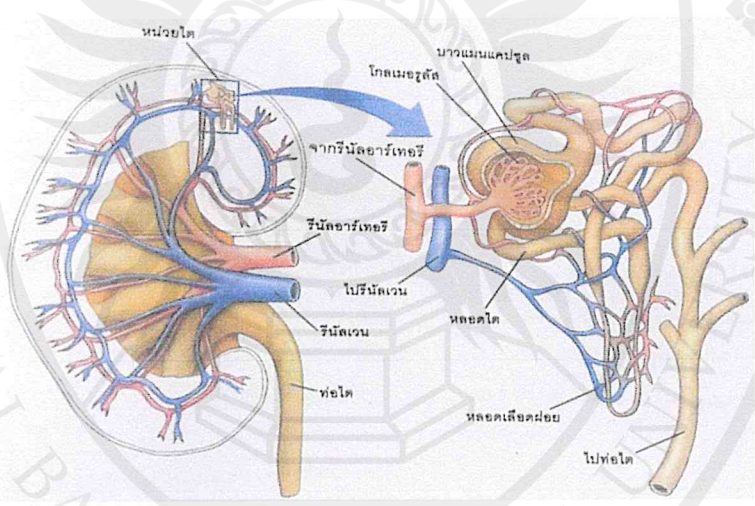
(ก) ไตทั้งสองข้าง (ข) ภาคตัดยาวของไต

(ค) หน่วยไต (ง) ส่วนประกอบของหน่วยไต

ที่มา : Campbell, Reece and others. 2009 : 962 - 963.

การทำงานของไต หน่วยไตทำหน้าที่กรองของเสียออกจากเลือด และกำจัดออกเป็นน้ำปัสสาวะ ซึ่งกระบวนการเกิดน้ำปัสสาวะ มีขั้นตอนดังนี้ (ภาพประกอบ 7)

1. การกรองที่โกลเมอรูลัส (Glomerulus filtration) เกิดขึ้นโดย หลอดเลือดที่นำเลือดเข้าสู่ไตที่เรียกว่า รีเนลอาร์เทอรี (Renal artery) รับของเสียที่เกิดจากเมแทบอลิซึมของเซลล์ทั่วร่างกายปะปนมาด้วย เมื่อหลอดเลือดนี้เข้าสู่ไตจะแตกแขนงเป็นหลอดเลือดฝอยซึ่งแต่ละเส้นจะขดเป็นโกลเมอรูลัส (Glomerulus) อยู่ในโบว์แมนส์แคปซูล (Bowman's capsule) เลือดในโกลเมอรูลัสจะถูกกรองโดยใช้ผนังหลอดเลือดฝอยทำหน้าที่เป็นเยื่อกรอง โดยมีแรงดันเลือดและประสิทธิภาพของหลอดเลือดฝอยเป็นตัวทำให้เกิดการกรอง ทำให้ของเหลวหลายชนิดออกมาสู่โบว์แมนส์แคปซูลได้ ของเหลวและสารโมเลกุลเล็กๆ ที่ละลายในพลาสมาผ่านออกมาได้ ได้แก่ น้ำ กลูโคส กรดอะมิโน วิตามิน เกลือแร่ เช่น โซเดียม โพแทสเซียม คลอไรด์ ไบคาร์บอเนต และยูเรีย แต่ไม่ยอมให้สารโมเลกุลใหญ่ เช่น โปรตีน ไขมัน และเม็ดเลือดผ่านออกมาได้ (ภาพประกอบ 5)

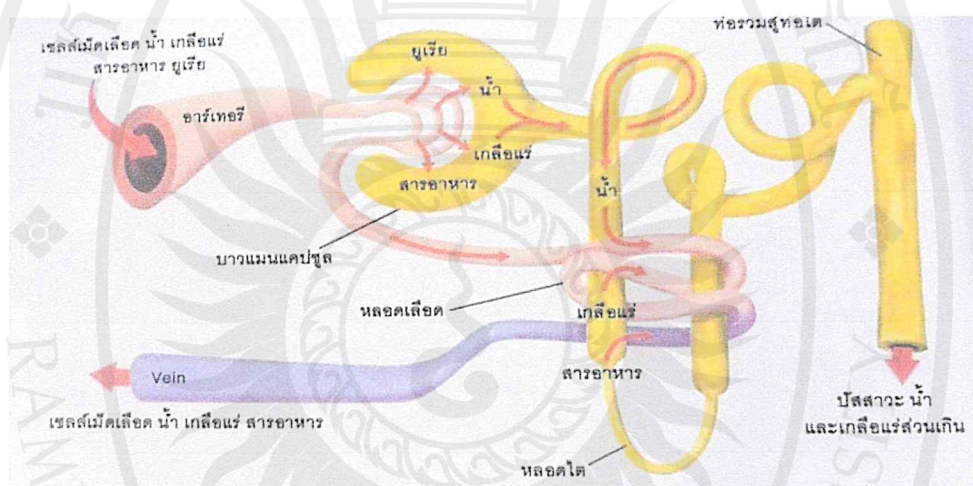


ภาพประกอบ 5 หน่วยไตและหลอดเลือดที่เกี่ยวข้อง
ที่มา : มุณิธิสังเสริม โอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560 : 93.

2. การดูดกลับ (Reabsorption) เป็นการดูดกลับสารที่บริเวณไตชั้นนอกซึ่งเป็นสารที่มีประโยชน์ เมื่อของเหลวผ่านไปตามหลอดไต น้ำ เกลือแร่ กรดอะมิโน และกลูโคสจะถูกดูดกลับเข้าสู่หลอดเลือดฝอยที่อยู่รอบๆ หลอดไต การดูดกลับสารเหล่านี้ทำให้ร่างกายรักษาน้ำและเกลือแร่ให้อยู่ในภาวะธำรงดุล การดูดกลับมีทั้งแบบแอกทีฟทรานสปอร์ต (Active transport) ส่วนน้ำ โพแทสเซียมไอออน และคาร์บอเนตไอออนจะดูดกลับแบบพาสซีฟทรานสปอร์ต (Passive

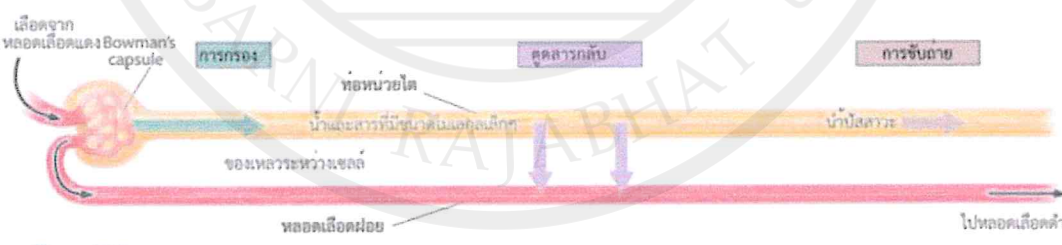
transport) หลังการดูดกลับสารต่างๆ แล้ว ภายในหลอดไตจะมีน้ำ โมเลกุลของของเสีย และเกลือแร่ส่วนเกินเข้าสู่ท่อรวมแล้วต่อไปยังกรวยไต (ภาพประกอบ 6)

3. การขับถ่าย (Excretion) หลังการดูดกลับสารต่าง ๆ แล้ว ภายในหลอดไตจะมีน้ำ โมเลกุลของของเสีย และเกลือแร่ส่วนเกินเข้าสู่ท่อรวมแล้วต่อไปยังกรวยไต (ภาพประกอบ 7) เพื่อส่งต่อไปยังท่อไตในรูปของปัสสาวะ ไตสร้างปัสสาวะได้ประมาณวันละ 2 ลิตร ซึ่งปัสสาวะนี้ออกจากไต ผ่านท่อไตไปเก็บที่กระเพาะปัสสาวะและขับออกทางท่อปัสสาวะ (มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560)



ภาพประกอบ 6 การสร้างปัสสาวะของหน่วยไต

ที่มา : มูลนิธิส่งเสริมโอลิมปิกวิชาการและพัฒนามาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษา. 2560 : 94.



ภาพประกอบ 7 การทำงานของไต

ที่มา : รวีวรรณ โชคชัยชีวากร. 2556.

ปัสสาวะ (Urine) ประกอบด้วยน้ำ โซเดียม โพแทสเซียม คลอรีน ฟอสเฟต แอมโมเนีย ยูเรีย กรดยูริก และครีเอตินิน คิดเป็นร้อยละ 95, 0.35, 0.15, 0.6, 0.15, 0.04, 2.0, 0.05 และ 0.75 ตามลำดับ น้ำปัสสาวะจะประกอบไปด้วยน้ำและยูเรียเป็นส่วนใหญ่ ส่วนแร่ธาตุมีอยู่เล็กน้อย หากมีการตกตะกอนของแร่ธาตุไปอุดตันทางเดินท่อปัสสาวะ จะทำให้ปัสสาวะลำบากเรียกลักษณะอาการอย่างนี้ว่า โรคนิว เมื่อไตผิดปกติจะทำให้สารบางชนิดปนออกมากับน้ำปัสสาวะ เช่น เม็ดเลือดแดง กรดอะมิโน น้ำตาลกลูโคส เป็นต้น ปัจจุบันแพทย์มีการใช้ไตเทียมหรือการปลูกไตให้กับผู้ป่วยที่ไตไม่สามารถทำงานได้ โดยไตเทียม เป็นเครื่องมือที่อยู่ภายนอกร่างกาย และการปลูกไต เป็นการนำไตของผู้อื่นมาใส่ให้กับผู้ป่วย (เพยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติชนะบำรุง และสายสวาท สดวณิชกัญญา. 2547)

ของเสียที่ออกมาทางไต จะเป็นสารที่มีไนโตรเจนที่ได้จากการสลายโปรตีนของเซลล์ได้แก่พวกแอมโมเนียและยูเรีย ซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายจึงต้องขับออกตลอดเวลา นอกจากการกำจัดของเสียแล้ว ไตยังทำหน้าที่รักษาสสมดุลน้ำและเกลือแร่ในร่างกาย เช่น โซเดียม และรักษาความเป็นกรด - ด่างของเลือดด้วย ในคนปกติกลูโคสในเลือดจะมีปริมาณค่อนข้างคงที่ นอกจากคนที่เป็นโรคเบาหวานจะมีปริมาณน้ำตาลในเลือดสูงกว่าปกติ ซึ่งอาจจะออกมากับปัสสาวะ ทำให้ปัสสาวะมีน้ำตาล จึงเรียกว่าโรคเบาหวาน (เกษม ศรีพงษ์. 2537 ; เพยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติชนะบำรุง และสายสวาท สดวณิชกัญญา. 2547)

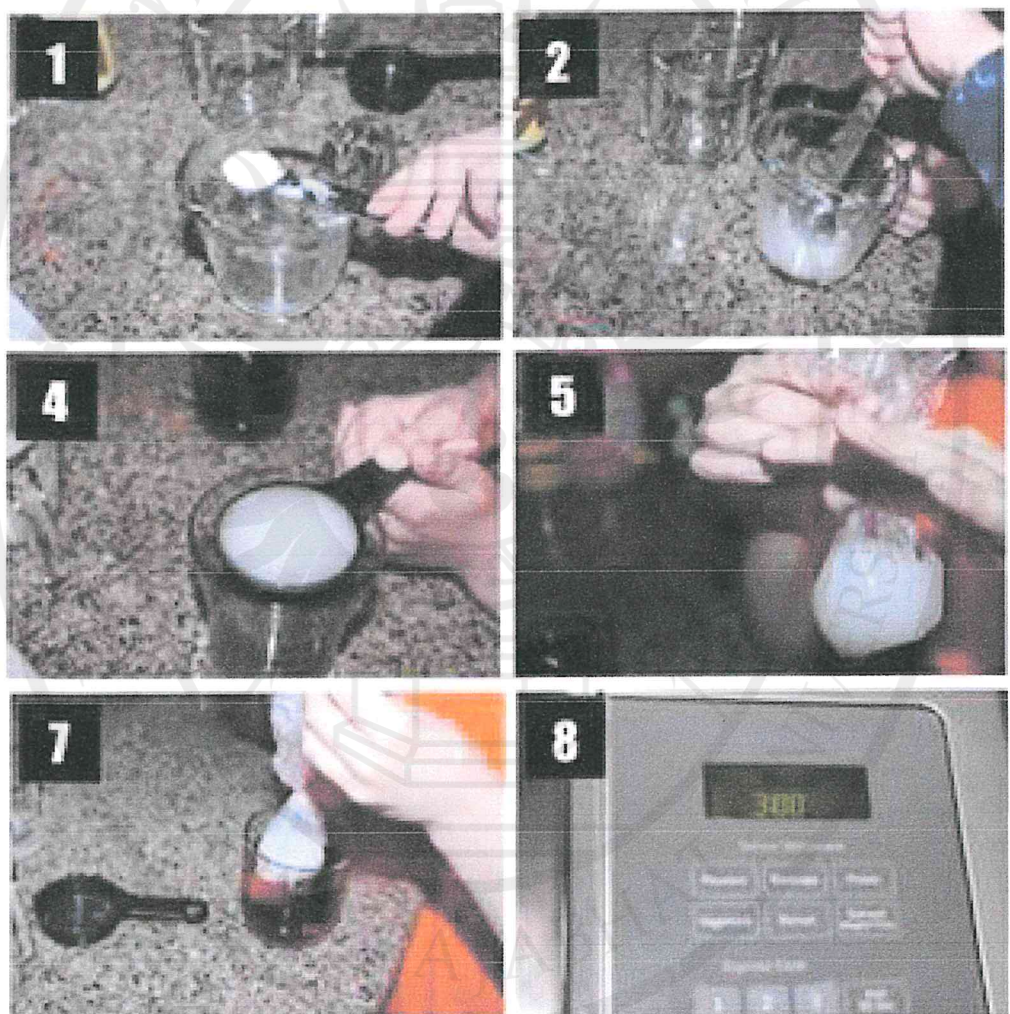
กิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไตและการกรองของหน่วยไต

1. กิจกรรมการศึกษาโครงสร้างของไต ขั้นตอนการศึกษาโครงสร้างภายนอกของไตหมูหรือไตวัว ทำโดยใช้มีดผ่าครึ่งไตตามยาว แล้วใช้แว่นขยายส่องดูลักษณะโครงสร้างภายในของไต วาดภาพ หรือถ่ายภาพ พร้อมชี้ส่วนประกอบที่สำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). 2554)

2. กิจกรรมการศึกษากาการกรองของไต ขั้นตอนการศึกษากาการกรองของไต ทำโดยใช้กรวดขนาดต่าง ๆ รองกรวยสำหรับกรองน้ำที่มีสีขุ่น เมื่อผ่านการกรองสองครั้งจากน้ำที่มีสีขุ่น สังเกตว่าน้ำใสสะอาดขึ้น ในการกรองแบบหยาบ อนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะถูกกรองไว้ส่วนอนุภาคเล็กที่มีขนาดเล็กจะถูกกรองไว้โดยใช้กรวยขนาดเล็กเป็นการกรองแบบละเอียด เมื่อทดสอบแล้วอธิบายเปรียบเทียบการทำงานของไต (เพยาว์ ยินดีสุข, วิภา เกียรติชนะบำรุง และสายสวาท สดวณิชกัญญา. 2547)

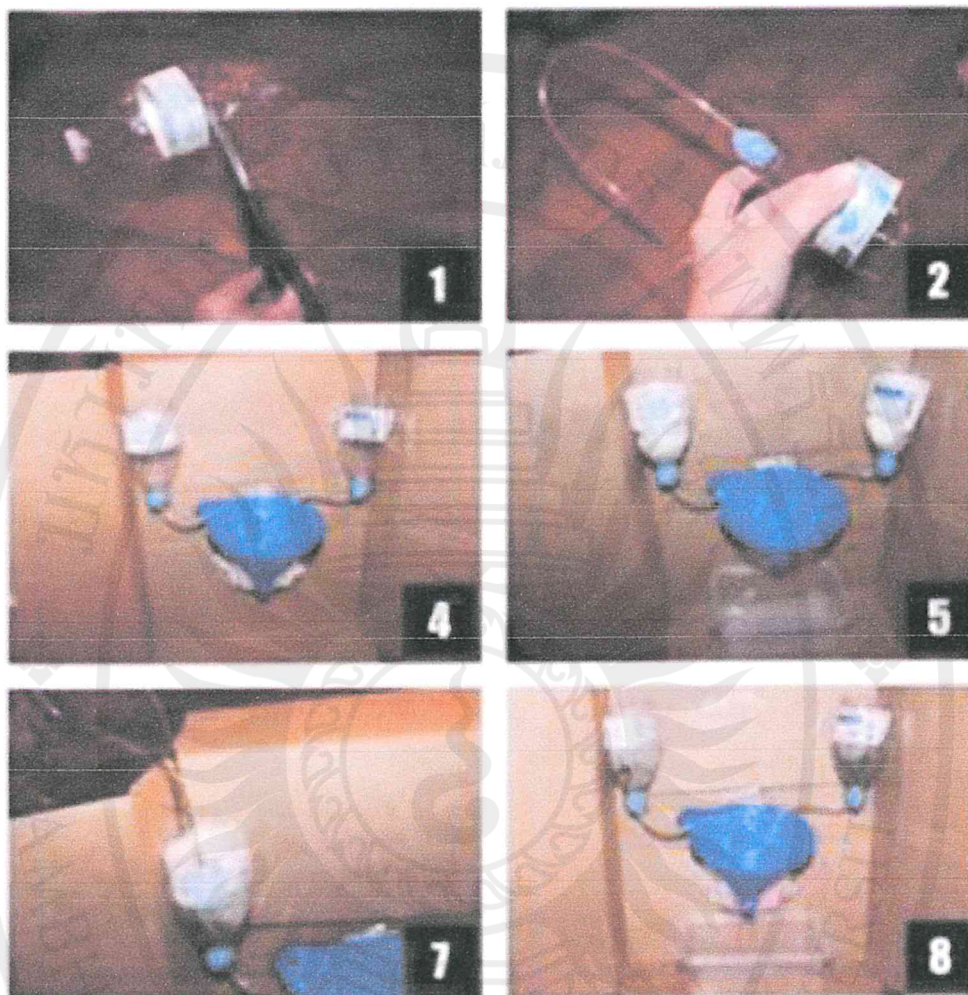
3. กิจกรรมการศึกษากาการกรองของเสียและการทำงานของหน่วยไต ขั้นตอนการศึกษากาการกรองของเสียของไต ทำโดยละลายแป้งข้าวโพดแล้วบรรจุลงในถุงกระดาษเซลโลเฟน

หลังจากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่ผสมสารละลายไอโอดีน ทิ้งไว้แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงภายใน
 ถู (ภาพประกอบ 8) และการทำงานของไต ทำโดยการละลายกาแฟในน้ำสะอาด นำกรวย สายยาง
 และถุงกรองกาแฟ ประกอบอุปกรณ์ให้มีลักษณะคล้ายไต นำถุงกรองกาแฟบรรจุลงในกรวยแต่ละ
 ข้าง หลังจากนั้นเทน้ำกาแฟลงในกรวย นำภาชนะรองรับการสารที่กรองไต สังเกตผล
 (ภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 8 กิจกรรมการศึกษาการกรองของเสีย

ที่มา : Ferrell. 2014.



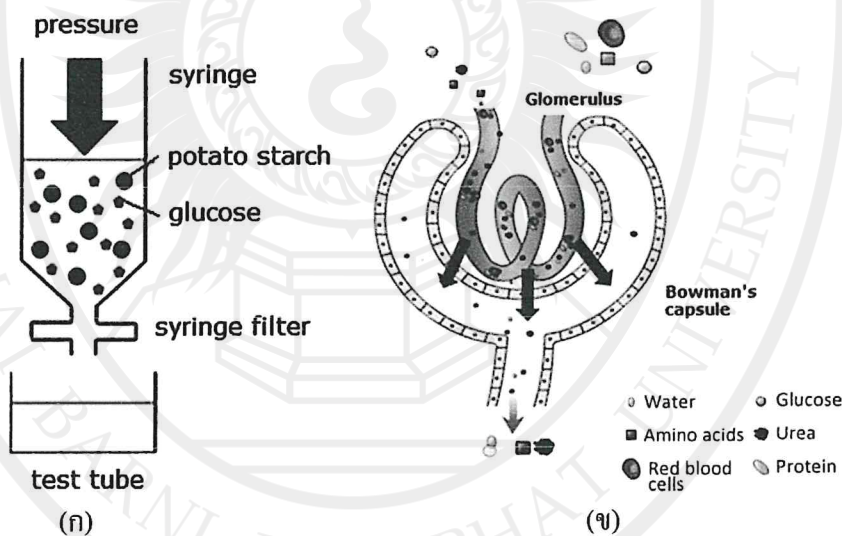
ภาพประกอบ 9 การทำงานของหน่วยไต

ที่มา : Ferrell. 2014.

4. กิจกรรมการจำลองกระบวนการกรองของเสียของหน่วยไต ถูกพัฒนาขึ้นโดย ยุน, ลี และคิม (2017) เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจเพียงเล็กน้อยเกี่ยวกับกระบวนการกรองของเสียของหน่วยไต ทำให้เกิดการพัฒนากิจกรรมการจำลองการทำงานของเสียของหน่วยไตสำหรับนักเรียน โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มย่อย และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแบบจำลองการกรองของเสียของหน่วยไต หลังจากนั้น ให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับการกรองของเสียของหน่วยไตโดยการจำลองการกรองของเสียของหน่วยไตโดยใช้การกรองผ่านหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับหลอดชีดยา และให้นักเรียนอภิปรายผล โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงจากแบบจำลองในขั้นแรกและทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้

ขั้นตอนการจำลองการกรองของเสียจากน้ำเลือดโดยใช้หัวกรองสำเร็จรูป ตามวิธีการของ ยุน, ลี และคิม (2017) มีขั้นตอนดังนี้

1. คูดสารละลายน้ำแป้งและสารละลายน้ำตาลเดกซ์โทรสร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร อย่างละ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 50 มิลลิลิตร และผสมให้เข้ากัน
2. หยดสารละลายไอโอดีนโพแทสเซียมไอโอไดด์ (Iodine - potassium iodide solution) ลงในสารผสม
3. คูดสารผสมด้วยกระบอกฉีดยาปริมาตร 7 มิลลิลิตร แล้วต่อหัวกรองสำเร็จรูปเข้ากับกระบอกฉีดยา กรองสารใส่หลอดทดลอง ดังภาพประกอบ 10 ก สังเกตสีของสารในกระบอก ฉีดยา และหลอดทดลอง
4. อภิปรายผลที่เกิดขึ้น โดยศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้และเปรียบเทียบว่าสารละลายน้ำแป้งและสารละลายน้ำตาลที่ใส่ในกิจกรรมแทนสารชนิดใดในกระบวนการกรองของหน่วยไต ภาพประกอบ 10 ข



ภาพประกอบ 10 แบบจำลองการกรองของหน่วยไต

(ก) การจัดอุปกรณ์ในชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

(ข) การอธิบายถึงลักษณะการกรองของหน่วยไตเทียบกับชุดจำลอง

ที่มา : Yun, Lee and Kim. 2017 : 776.

การประยุกต์ใช้และพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต

การจำลองการกรองของเสียของหน่วยไตของยูน, ลี และคิม (2017) เป็นการทดลองที่ผู้วิจัยสนใจในการนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่องระบบขับถ่ายได้ แต่เนื่องจากโรงเรียนอยู่ในพื้นที่ที่ไม่สะดวกในการจัดหาอุปกรณ์ตามการทดลอง รวมถึงหัวกรองสำเร็จรูปมีราคาสูงและอาจไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวทางในการแก้ปัญหา โดยการหาวัสดุที่เหมาะสมในสร้างชุดกรองทดแทนหัวกรองสำเร็จรูป เน้นวัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่ายราคาไม่แพง พัฒนาให้เหมาะสำหรับการปฏิบัติการในชั้นเรียน รวมถึงศึกษาปัจจัยที่อาจมีผลกับประสิทธิภาพการกรองของชุดการจำลองการกรองของหน่วยไต ซึ่งวัสดุทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปที่ผู้วิจัยสนใจ ได้แก่ กระดาษกรอง กระดาษแก้วขุ่น และสำลี ซึ่งมีคุณสมบัติเบื้องต้น ดังนี้

1. กระดาษกรอง (Filter paper) เป็นกระดาษที่มีคุณสมบัติที่คัดเลือกอนุภาค หรือสิ่งที่ไม่เจือปนออกจากสารละลาย หรืออากาศโดยการวางแบบตั้งฉากกับทิศทางการไหลของสารละลายที่ต้องการกรอง คุณสมบัติที่สำคัญของกระดาษกรองประกอบด้วย ความคงทนเมื่อเปียก ขนาดของช่องว่าง ความสามารถในการกรองอนุภาค อัตราการไหลของสารที่ต้องการกรอง ประสิทธิภาพและความจุ กลไกที่สำคัญในการกรองด้วยกระดาษกรองจะมีอยู่ 2 ลักษณะ คือ ปริมาตรและผิวโดยแบบปริมาตร อนุภาคจะถูกดักไว้ชั้นในหรือในตัวของกระดาษกรอง ส่วนแบบผิวอนุภาคจะถูกดักไว้ที่ผิวของกระดาษกรอง กระดาษกรองจะยอมให้อนุภาคที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 10^{-4} เซนติเมตร เท่านั้นจึงจะผ่านไปได้

กระดาษกรองที่นิยมใช้ในห้องปฏิบัติการได้แก่ กระดาษกรองของยี่ห้อวอทแมน (Whatman) นิยมใช้กันจะมีอยู่ 2 ระดับ คือ ระดับมาตรฐาน (Standard grade) ทำจากเซลลูโลสบริสุทธิ์ ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมีหรือโลหะหนัก และระดับแอสเลส (Ashless grade) ใช้สำหรับตัวอย่างกรองที่จะนำไปเผาต่อเพื่อหาปริมาณของแข็งหรือเถ้าที่คงเหลือ รูพรุนของกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมนนั้น จะอยู่ในช่วง 2.5 - 25 ไมโครเมตร ดังแสดงรายละเอียดในภาพประกอบ 11 ซึ่งขนาดของรูพรุนย่อมมีผลต่ออัตราเร็วการกรอง (Filtration speed) ความหนาของกระดาษกรองอาจมีผลต่อการทนทานในการใช้งาน โดยรูพรุนที่เล็กที่สุดคือ เบอร์ 5 ซึ่งมีขนาด 2.5 ไมโครเมตร ส่วนเบอร์ที่กว้างที่สุดคือ เบอร์ 4 คือมีขนาด 20-25 ไมโครเมตร (พิสิฐพงษ์ หมั่นประเสริฐดี. 2557)

Grade	Nominal particle retention in liquid (µm)	Filtration speed (approx) Herzberg (s)	Typical thickness (µm)	Basis weight (g/m ²)	Grade for pre pleated version	Flow - aspect
-------	---	--	------------------------	----------------------------------	-------------------------------	---------------

Standard qualitative cellulose filter papers

1	11	150	180	88		Medium
2	8	240	190	103	2V	Medium
3	6	325	390	187		Medium-thick
4	20-25	37	205	96		Very fast
5	2.5	1420	200	98	5V	Slow

Quantitative filter papers

Grade	Nominal particle retention in liquid (µm)	Filtration speed (approx)	Typical thickness (µm)	Basis weight (g/m ²)	Ash content	Flow - aspect
-------	---	---------------------------	------------------------	----------------------------------	-------------	---------------

Ashless quantitative cellulose filter papers

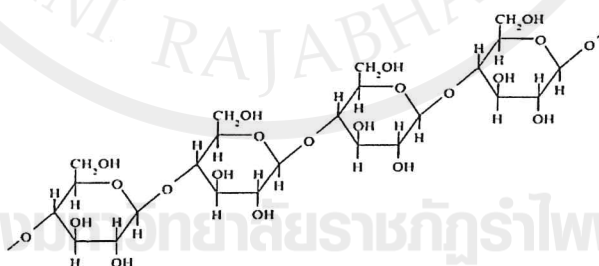
40	8	340	210	95	0.007%	Medium
41	20	54	220	85		Fast
42	2.5	1870	200	100		Slow
43	16	155	220	95		Medium to fast

ภาพประกอบ 11 คุณสมบัติของกระดาษกรองยี่ห้อวอทแมน

ที่มา : บริษัทไซเทรคเตอร์ จำกัด. 2556.

2. กระดาษแก้วขุ่น (Opaque glassine paper) เป็นวัสดุที่ทำจากเซลลูโลส (Cellulose) ในไม้หรือพืชเส้นใยอื่น ๆ เช่นเดียวกับกระดาษเซลโลเฟน โครงสร้างทางเคมีเป็นกระดาษ แต่รูปร่างลักษณะจัดเป็นพลาสติก เป็นวัสดุโปร่งแสงและใส ความชื้นผ่านได้มาก อากาศผ่านได้น้อย กระดาษแก้วมีหลายชนิด ทั้งชนิดที่ใช้สำหรับการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ และใช้ทั่วไป (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551)

3. สำลี (Cotton wool) เป็นเซลลูโลสชนิดหนึ่ง มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่สามารถดูดซับน้ำได้ประกอบด้วยกลูโคสจำนวนมากเชื่อมต่อกันเป็นพอลิเมอร์แบบ โซ่ตรงเช่นเดียวกับอะไมโลส แต่ลักษณะการเชื่อมต่อของกลูโคสต่างกัน (Nokkon. 2009) ดังภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 โครงสร้างของสำลี

ที่มา : Nokkon. 2009.

การทดสอบประสิทธิภาพทางการศึกษาชุดทดลอง

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556) ได้เสนอแนวคิดและหลักปฏิบัติไว้ว่า เมื่อได้ผลิตสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อนั้นทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด ดังนั้น ผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ

การทดสอบประสิทธิภาพ หมายถึง การนำสื่อ ชุดการสอนไปทดสอบด้วยกระบวนการสองขั้นตอนคือ การทดสอบประสิทธิภาพใช้เบื้องต้น (Try out) และทดสอบประสิทธิภาพสอนจริง (Trial run) เพื่อหาคุณภาพของสื่อ โดยจำเป็นต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ เพื่อใช้เกณฑ์เป็นขีดจำกัดที่จะยอมรับว่าสิ่งใดมีคุณภาพและหรือปริมาณที่จะรับได้ การตั้งเกณฑ์ต้องตั้งไว้ครั้งแรกครั้งเดียวเพื่อจะปรับปรุงคุณภาพให้ถึงเกณฑ์ขั้นต่ำที่ตั้งไว้ หากได้ค่าต่ำกว่าค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ ต้องปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพใหม่จนได้ค่าถึงเกณฑ์ที่กำหนด การกำหนดเกณฑ์ทำโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน 2 ประเภทคือ พฤติกรรมต่อเนื่อง(กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E1 = \text{Efficiency of process}$ (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น $E2 = \text{Efficient of product}$ (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์)

1. ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional behavior) คือ ประสิทธิภาพต่อเนื่อง ประกอบด้วยพฤติกรรมย่อยของผู้เรียน เรียกว่า “กระบวนการ” (Process) ที่เกิดจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นใดที่ผู้สอนกำหนดไว้

2. ประเมินพฤติกรรมสุดท้าย (Terminal behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนจะกำหนดเป็นเกณฑ์ ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ $E1/E2 =$ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนแล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติ หรืองานได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 การกำหนดเกณฑ์ $E1/E2$ ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนรู้ที่จำแนกเป็นวิทย์พิสัย (Cognitive domain) จิตพิสัย (Affective domain) และทักษะพิสัย (Skill domain)

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพ สามารถใช้วิธีการคำนวณธรรมดาหาค่า E1 และ E2 ได้ โดย E1 คือ ค่าประสิทธิภาพของงานและแบบฝึกปฏิบัติได้ ด้วยการนำคะแนนงานทุกชิ้นของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม แต่ละคนมารวมกัน แล้วหาค่าเฉลี่ยและเทียบส่วนโดยเป็นร้อยละและค่า E2 คือ ประสิทธิภาพผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียนของแต่ละสื่อหรือชุดการสอน จากคะแนนการสอบหลังเรียนและคะแนนจากงานสุดท้ายของนักเรียนทั้งหมดรวมกันหาค่าเฉลี่ยแล้วเทียบส่วนร้อยละเพื่อหาค่าร้อยละ

ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ เมื่อผลิตสื่อหรือชุดการสอนขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำชุดการสอนไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อ หรือชุดการสอนกับผู้เรียน 1 - 3 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระกิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก E1/E2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 60/60

2. การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับผู้เรียน 6 - 10 คน (แต่ละผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) ทำการทดสอบเช่นเดิม ปกติคะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ อีกเกือบเท่าเกณฑ์โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณร้อยละ 10 นั่นคือ E1/E2 ที่ได้จะมีค่าประมาณ 70/70

3. การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนกับนักเรียนทั้งชั้น (ปกติให้ใช้กับผู้เรียน 30 คน แต่ในโรงเรียนขนาดเล็กอนุ โลมให้ใช้กับผู้เรียน 15 คน ขึ้นไป) ทดสอบเช่นเดิม หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วนำไปทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำกับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2 - 3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกันเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกินร้อยละ 2.5 ก็ให้ยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำจนกว่าจะถึงเกณฑ์ หากสูงกว่าเกณฑ์ไม่เกิน +2.5 สามารถยอมรับว่า สื่อหรือชุดการสอนมีประสิทธิภาพตาม

เกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าได้สูงกว่าเกณฑ์เกิน +2.5 ให้ปรับเกณฑ์ขึ้นไปอีกชั้นหนึ่ง เช่นตั้งไว้ 80/80 ก็ให้ปรับขึ้นเป็น 85/85 หรือ 90/90 ตามค่าประสิทธิภาพได้

ข้อควรคำนึงในการทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนเพื่อให้การทดสอบประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนได้ผลเหมาะสม

1. ผู้เข้าร่วมการทดสอบประสิทธิภาพต้องเลือกนักเรียนที่เป็นตัวแทนของนักเรียนที่ใช้สื่อหรือชุดการสอน ตามแนวทางการสุ่มตัวอย่างที่ถูกต้อง
2. การเลือกเวลาและสถานที่ทดสอบประสิทธิภาพ ควรหาสถานที่และเวลาที่ปราศจากเสียงรบกวน ไม่ร้อนอบอ้าว และควรทดสอบประสิทธิภาพในเวลา que นักเรียนไม่หิวกระหายไม่รีบร้อนกลับบ้าน หรือไม่ต้องพะวักพะวนไปเข้าเรียนในชั้นอื่น
3. การชี้แจงวัตถุประสงค์และวิธีการ ต้องชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์ของการทดสอบประสิทธิภาพ สื่อหรือชุดการสอน
4. การรักษาสถานการณ์ตามความเป็นจริง สำหรับการทดสอบ ให้เหมือนที่เป็นอยู่ในห้องเรียนทั่วไป
5. ดำเนินการสอนตามขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นการลงแบบเดี่ยว แบบกลุ่มและภาคสนาม หลังจากชี้แจงให้นักเรียนทราบเกี่ยวกับสื่อ ชุดการสอนและวิธีการสอนแล้ว ครูจะต้องดำเนินการสอนตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ โดยรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดำเนินตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน คือ สอบก่อนเรียน นำเข้าสู่บทเรียน นักเรียนทำกิจกรรมกลุ่ม สรุบทเรียน และสอบหลังเรียน

การยอมรับหรือไม่ยอมรับประสิทธิภาพ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอนภาคสนามแล้ว เทียบค่า E1/E2 ที่ได้จากสื่อหรือชุดการสอนกับ E1/E2 ที่ตั้งเกณฑ์ไว้ ให้ถือค่าแปรปรวนร้อยละ 25 - 5 การยอมรับประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมี 3 ระดับ คือ (1) สูงกว่าเกณฑ์ (2) เท่าเกณฑ์ (3) ต่ำกว่าเกณฑ์ แต่ยอมรับว่ามีประสิทธิภาพ

โดยในการทดสอบประสิทธิภาพของชุดจำลองการกรองของหน่วยไต ใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพที่ 80/80 กับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2560 จำนวน 24 คน ด้วยการสุ่มแบบเจาะจง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กิ่งแก้ว บรรลุผลสกุล, นววรรณ ทองมี และปิยะพงษ์ โอพารทิตาชาต. (2559 : 226 - 233) ได้พัฒนาชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยทำการสร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้แบบเจาะจง จำนวน 27 คน เครื่องมือที่ใช้ คือ ชุดทดลองเรื่องการวัดอุณหภูมิ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดทดลอง เรื่อง การวัดอุณหภูมิ มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.48/82.78 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดทดลอง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กนกกร นิชกุล (2555) วิจัยเรื่องการพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีจุดประสงค์เพื่อการพัฒนาชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังการใช้ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ประชากรที่ใช้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสตรีศรีเกศ อำเภอเมือง จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 6 ห้องเรียน จำนวน 293 คน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/5 โดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและพัฒนาคั้งนี้ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ใช้เวลา 13 ชั่วโมง ชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา ที่สร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบแบบอิงเกณฑ์ เป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก สรุปผลการวิจัยพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง ร่างกายของเรา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์และสามารถนำไปใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุผลตามมาตรฐาน ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้สามารถเพิ่มพูนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นและทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจในการเรียนรู้มากขึ้น

เรวดี มานูย์ (2556) พัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนพัทลุง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองกลศาสตร์ตามเกณฑ์ 80/80 และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังเรียน โดยใช้ชุดทดลองกลศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทย์ - คณิตของโรงเรียนพัทลุง ปีการศึกษา 2556 จำนวน 30 คน ด้วยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ ชุดทดลองกลศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พร้อมคู่มือการใช้ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติที่ใช้ในการหาประสิทธิภาพทางการศึกษา และสถิติที่ใช้ทดสอบสมมุติฐาน (t-test dependent) ผลการวิจัยพบว่า ชุดทดลองกลศาสตร์พร้อมคู่มือการใช้มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก

โดยชุดทดลองกลศาสตร์มีประสิทธิภาพทางการศึกษา 80.33/81.11 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังนั้นชุดทดลองกลศาสตร์นี้สามารถนำไปใช้ในโรงเรียนต่าง ๆ เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

สุดี คม ประพันธ์ (2547) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาและหาคุณภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต และศึกษาผลการเรียนรู้ด้านความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ การพัฒนาชุดกิจกรรมดำเนินการ 2 ขั้นตอน คือ การพัฒนาและประเมินคุณภาพของชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญและนำชุดกิจกรรมไปทดลองสอนกับกลุ่มนักเรียนจำนวน 3 และ 9 คน ตามลำดับ และ การนำชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยการสุ่ม ผลการวิจัยพบว่าเมื่อนำชุดกิจกรรมไปทดลองสอนพบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ที่มีผลการเรียนรู้ด้านความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยผลการเรียนรู้หลังเรียนได้คะแนนร้อยละ 66.20 ซึ่งสูงกว่าระดับปานกลาง (ค่าเฉลี่ยร้อยละ 65) เจตคติต่อชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังจากเรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูงกว่าระดับดี

ชัยชาญ รอดภัย (2559) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง การแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หัวข้อเรื่องผังงาน ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยใช้วิธีทอ้งจำ เพื่อแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำในรายวิชาการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์หัวข้อเรื่อง ผังงาน ของนักศึกษาระดับ ปวส. สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ โดยใช้วิธีทอ้งจำสัญลักษณ์และความหมายเกี่ยวกับเรื่อง ผังงาน สำหรับนักศึกษาระดับ ปวส.2 แผนกวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ ภาคเรียนที่ 1/2559 วิทยาลัยเทคโนโลยีเบญจ จำนวน 9 คน เครื่องมือที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย แบบทดสอบเรื่อง ผังงาน ผลการวิจัยพบว่าคะแนนทีเฉลี่ย (Average T-score) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังวิจัยเท่ากับ 40.84 และ 59.19 ตามลำดับ มีความแตกต่างของคะแนนที่ก่อนวิจัยและหลังวิจัย 18.35 คิดเป็นค่าร้อยละของคะแนนทีเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น 44.93

ยุน, ลี และกิม (2017) ได้สร้างแบบจำลองกิจกรรมการกรองเลือดของหน่วยไต เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในการกรองเลือดของหน่วยไตค่อนข้างน้อย คณะวิจัยจึงได้พัฒนาแบบจำลองกิจกรรมการกรองเลือดของหน่วยไตสำหรับนักเรียน โดยให้นักเรียนเลือกชุดรูปแบบการกรองที่เป็นตัวแทนการกรองเลือดของหน่วยไตตามความเข้าใจพร้อมให้เหตุผล หลังจากนั้นจำลองการกรองสารในเลือดโดยชุดทดลองที่ใช้หัวกรองสำเร็จรูป สรุปรข้อมูล

ที่ได้จากการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากกิจกรรม ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างฐานความรู้เกี่ยวกับหลักการสำคัญของการขั้วถ่ายได้

จากการศึกษาข้อมูลกับกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้เรื่องไตและการกรองของหน่วยไต พบว่ากิจกรรมของยูน, ดี และคิม (2017) ใช้อธิบายถึงการทำงานของหน่วยไตได้ดี แต่มีข้อจำกัดในการนำไปใช้สำหรับผู้วิจัย คือ หัวกรองสำเร็จรูปสำหรับกระบอกฉีดยา ตามการทดลองข้างต้นหาได้ยาก ราคาสูง อีกทั้งยังไม่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำได้ ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการแก้ปัญหา คือ การสร้างชุดกรองโดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพง เพื่อทดแทนหัวกรองสำเร็จรูปสำหรับใช้ในชุดจำลองดังกล่าว จากข้อมูลข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ดำเนินการวิจัยพัฒนาชุดจำลองการกรองของหน่วยไต เพื่อนำไปข้อมูลที่นำไปประยุกต์ใช้จัดกระบวนการเรียนรู้เรื่องไตและระบบขั้วถ่าย สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนบ้านคลองพร้าว ปีการศึกษา 2561 โดยศึกษาประสิทธิภาพทางการศึกษาของชุดทดลองตามเกณฑ์ 80/80 และความแตกต่างระหว่างผลการเรียนก่อนและหลังเรียน โดยใช้คะแนนที่เฉลี่ย ในลำดับต่อไป

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี