

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา และผลงานสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการใช้สื่อพหุผัสสะที่ใช้ความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ประกอบการสอน

กิตติศักดิ์ วรธนทอง¹, สก.ดร.กศนิษฐ์ บุญเต็ม², พศ.พญ.ปณคนพวส วรธนานนท์³

¹นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการเรียนการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

³ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 2) สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา (cognitive function) 3) ผลงานสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยการใช้สื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติกับนักเรียนที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอนุบาลนารี อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 2 ห้องเรียนรวม 102 คนได้จากการสุ่มห้องเรียน 2 ห้องเรียน จากประชากร 13 ห้องเรียน และสุ่มห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มจำนวน 50 คนและกลุ่มควบคุม 1 กลุ่มจำนวน 52 คน รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบทดลองที่มีกลุ่มควบคุมทดสอบก่อนและหลัง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แบบทดสอบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) แบบวัดความตั้งใจ 3) แบบวัดความจำขณะทำงาน 4) แบบวัดความจุความจำขณะทำงาน และ 5) แบบประเมินผลงานสร้างสรรค์ การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าสถิติที (t-test) การทดสอบค่าสถิติ Hotelling T² ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา ในด้านความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน ความจุความจำขณะทำงาน และคะแนนผลงานสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Abstract

This study aimed to compare science achievement, cognitive function, and creative innovation between students learning

by multi-sensory media associated with traditional approach and students learning by the conventional approach. The participants comprised 102 Grade 9 or Mathayomsuksa III students from two classes sampled from the population of 13 classes in Anukoolnaree School in Kalasin province, and re-sampled into one experimental group of 50 and one control group of 52. A pretest-posttest control group design was administered in this experiment. The instruments included: 1) Science achievement test, 2) Attention test, 3) Working memory

test, 4) Working memory capacity test, 5) creative innovation scale. The collected data were analyzed by arithmetic mean (\bar{X}), standard deviations (S.D.), t-test and Hotelling T2. The findings indicated that: after intervention, at .05 level of significance, student's achievement, attention, working memory, working memory capacity, and creative innovation in multi-sensory media associated with traditional approach group were higher than students in conventional group.

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ ครูต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับผู้เรียนเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบและจัดการเรียนการสอน ให้ตอบสนองกับความต้องการของผู้เรียน โดยใช้จิตวิทยาการเรียนรู้เป็นพื้นฐานในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ อย่างไรก็ตามปัจจุบันมีความก้าวหน้าในการศึกษาค้นคว้าทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) ทำให้สามารถเข้าใจกลไกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมองขณะที่มนุษย์มีการเรียนรู้ในสถานการณ์ต่างๆ ซึ่ง Squire and other (2008) ได้อธิบายว่าประสาทวิทยาศาสตร์เป็นการนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์หลายสาขามาใช้วิเคราะห์ระบบประสาท ซึ่งจะนำไปสู่ความ

เข้าใจพื้นฐานทางชีววิทยา ที่เป็นจุดเริ่มต้นของพฤติกรรม การศึกษาทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ ได้ดำเนินมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ช่วงกลางศตวรรษที่ 19 เป็นต้นมา (นัยพินิจ คชภักดี, 2551) ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ช่วยให้เรามีความเข้าใจกลไกการทำงานของสมองโดยเฉพาะอย่างยิ่งประสาทวิทยาศาสตร์เชิงพุทธิปัญญา (cognitive neuroscience) ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น เซอร์ปัญญา การเรียนรู้ การจำ การจูงใจ การอ่านการเขียน และความคิดสร้างสรรค์ (Geake and Cooper, 2003) การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในสมองเป็นการส่งผ่านสัญญาณประสาทไปในร่างแหวงจรของสมอง (neural network) การเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ที่จุด synapse เป็นตัวกำหนดรูปแบบวงจร (อัครภูมิ จารุภากร และ พรพิไล เลิศวิชา, 2551)

เมื่อประสาทสัมผัสได้รับการกระตุ้นด้วยข้อมูลชุดเดียวกันผ่านระบบประสาทสัมผัสหลายช่องทางพร้อมกันจะช่วยทำให้มีการเชื่อมโยงระหว่างวงจรของสมอง

สื่อพหุผัสสะ (multi-sensory media) เป็นการมองเห็นในมุมมองของผู้รับสื่อ ว่าสื่อที่นำเสนออันนี้มีผลทำให้ประสาทรับสัมผัสทำงานหลายช่องทางในการรับสื่อ ในการศึกษาค้นคว้าได้นำเอาความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ด้านการมองเห็น การได้ยิน และการควบคุมการเคลื่อนไหวมาเป็นฐานในการออกแบบการเรียนรู้จากสื่อและใช้ศักยภาพของคอมพิวเตอร์มาใช้ในการนำเสนอภาพ (images) และเสียง (sound) ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ระบบประสาทรับความรู้สึกพิเศษ (special senses) รับข้อมูลเข้าสู่ระบบการมองเห็น (visual system) และระบบการได้ยิน (auditory system) พร้อมๆกัน ข้อมูลที่ระบบประสาททั้งสองรับมาจะแปลงเป็นสัญญาณประสาทแล้วถูกส่งไปตามวิถีประสาทเข้าสู่การทำงานของสมอง ขณะเรียนรู้ผู้เรียนจะควบคุมบทเรียนที่มีการถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ การฝึกความจำขณะทำงานผ่านหน้าจคอมพิวเตอร์ โดยใช้มือควบคุมเมาส์และแป้นพิมพ์ กระบวนการเรียนรู้นี้จะส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และจดจำต่อไป การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หากผู้เรียนมีโอกาสสร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างผลงาน เมื่อผู้เรียนสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาก็หมายถึงการสร้างความรู้ขึ้นในตัวเอง

ความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองจะมีความหมายต่อผู้เรียนจะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่าย และสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนเองได้ดี นอกจากนั้นยังจะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด ตามทฤษฎีสร้างความรู้ด้วยตัวเองโดยการสร้างชิ้นงาน (Constructionism) ของ Papert (อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี, 2552)

ในการศึกษาค้นคว้าวิจัยมุ่งที่จะพัฒนาการเรียนการสอนนิเวศวิทยาศาสตร์โดยใช้สื่อพหุผัสสะเข้ามาเสริมกับการจัดการเรียนการสอนปกติ โดยนำเอาศักยภาพของคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยตอบสนองตามความสามารถของแต่ละบุคคล นักเรียนมีโอกาสได้ทบทวนความรู้และพัฒนาสมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา โดยเฉพาะความตั้งใจ (attention) ความจำขณะทำงาน (working memory) และความจุความจำขณะทำงาน ซึ่งจะนำไปสู่การยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาความคิด และสามารถสร้างสรรค์ผลงานที่สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิเวศวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนรู้จากสื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติกับนักเรียนที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา (cognitive function) ของนักเรียน

ที่เรียนรู้จากสื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติกับนักเรียนที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนที่เรียนรู้จากสื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติกับนักเรียนที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนปกติ

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยแบ่งเป็น 3 ระยะดังนี้

3.1 ระยะที่ 1 การพัฒนาสื่อพหุผัสสะ

3.2 ระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้สื่อพหุผัสสะประกอบการจัดการเรียนการสอนปกติ

ตัวแปรจัดการกระทำได้แก่ วิธีการสอน ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระดับ คือ การสอนโดยใช้สื่อพหุผัสสะประกอบการจัดการเรียนการสอนปกติ และการจัดการเรียนการสอนปกติ

ตัวแปรตามได้แก่ (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญาด้านความตั้งใจ (3) ความจำขณะทำงาน (4) ความจุความจำขณะทำงาน และ (5) ผลงานสร้างสรรค์

3.3 ระยะที่ 3 การเผยแพร่สื่อพหุผัสสะเพื่อนำไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติในโรงเรียนอื่น

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนอนุบาลนารี อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 2 ห้องเรียนรวม 102 คนได้จากการสุ่มห้องเรียน 2 ห้องเรียน จากประชากร 13 ห้องเรียน และสุ่ม

ห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง 1 กลุ่มจำนวน 50 คน และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่มจำนวน 52 คน

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยแบบทดลองที่มีกลุ่มควบคุมทดสอบก่อนและหลัง

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 2) แบบวัดความตั้งใจของ Ruff (2 & 7 selective attention test) ฉบับ automatic detection task และ ฉบับ controlled search task 3) แบบวัดความจำขณะทำงาน (the computerized battery test (CBT1) 4) แบบวัดความจุความจำขณะทำงาน (the computerized span task (CBT2)) และ 5) แบบประเมินชิ้นงานที่สร้างสรรค์จากวัสดุ recycle ที่แปลจาก The creative product contracted from recycled material ของ Kwang (2004)

การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้การหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) การทดสอบค่าสถิติที (t-test) การทดสอบค่าสถิติ HotellingT²

4. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ระยะที่ 1 ผลการพัฒนาสื่อพหุผัสสะที่ใช้ความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ได้โครงสร้างในการออกแบบสื่อดังนี้

ระบบประสาทรับความรู้สึก (sensory system) เป็นหน่วยแรกที่รับรู้การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม การจะรับรู้ความรู้สึกต่าง ๆ ได้ต้องประกอบด้วย ตัวรับความรู้สึก (sensory receptors) ซึ่งมีหน้าที่เปลี่ยนสิ่งกระตุ้นในรูปของพลังงานต่าง ๆ ให้เป็นกระแสประสาท (nerve

impulse) แล้วส่งไปตามประสาทรับความรู้สึก หรือประสาทนำเข้า (sensory หรือ afferent neurons) นำความรู้สึกไปแปลความหมายที่สมอง ระบบประสาทรับความรู้สึกยังแบ่งออกเป็นระบบประสาทรับความรู้สึกจากร่างกาย (somatic sensation) ซึ่งได้แก่รับสัมผัส เจ็บปวด อุณหภูมิและระบบรับความรู้สึกพิเศษ (special sensation) ซึ่งได้แก่ การมองเห็น การได้ยินและการทรงตัว การรับกลิ่นและรส

ระบบประสาทส่วนกลาง (central system) ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง ทำหน้าที่ประสานงาน (integration) โดยรวบรวมข้อมูลที่ได้รับและนำมาผสมผสาน ประมวลวิเคราะห์ และประเมินข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ที่ได้รับรวมไปถึงการสะสมเก็บไว้เป็นความจำและหน้าที่ขั้นสูงอื่น ๆ เช่น กระบวนการทางความคิด ภาษา ทักษะ พฤติกรรม หรืออารมณ์ต่าง ๆ นอกจากนี้หลังจากได้รับข้อมูล วิเคราะห์และผสมผสานข้อมูลที่ได้รับแล้วจะส่งไปยังสมองส่วนสั่งการเพื่อทำให้เกิดการตอบสนองที่เหมาะสมต่อไป

ระบบประสาทมอเตอร์ (motor system) มีหน้าที่สั่งการและควบคุมการปฏิบัติงานให้อวัยวะต่าง ๆ มีการตอบสนองต่อข้อมูลนั้น ๆ อย่างเหมาะสม

การจัดสถานการณ์ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี จึงควรออกแบบให้ผู้เรียนรู้เรื่องราวผ่านระบบประสาทรับความรู้สึกหลายช่องทางพร้อมกัน เพื่อให้มีสัญญาณประสาทจากหลายช่องทางส่งเข้าสู่สมองส่วนกลาง วิเคราะห์ ประมวล

ผล และพิจารณาสั่งการให้ส่วนต่างๆตอบสนองต่อข้อมูล การเรียนรู้จะเป็นการส่งผ่านสัญญาณประสาทไปในร่างแหวงจรของสมอง (neural networks) การเชื่อมโยงระหว่างเซลล์ที่จุด synapse เป็นตัวกำหนดรูปแบบวงจร หรือการเรียนรู้เกิดขึ้น วงจรสัญญาณประสาทนี้จะเกิดขึ้นชั่วคราว หากไม่มีสัญญาณผ่านมากระตุ้น synapse อีก การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเซลล์ ณ จุดนี้ก็จะยกเลิกไป วงจรเชื่อมต่อกี่ไม่เกิดขึ้น การเรียนรู้ที่เคยรู้ หรือข้อมูลความสัมพันธ์ที่เคยเข้าใจก็อาจหายไป แต่ถ้าหากมีการกระตุ้นจาก ปลาย axon ผ่านไปที่ synapse เรื่อยๆ การส่งผ่านสัญญาณก็จะสะดวกขึ้นการเชื่อมต่อ synapse นั้นจะมั่นคงขึ้นเรียกว่าวงจรเรียนรู้ที่อยู่นิ่งอยู่ตัว หมายความว่าสิ่งที่เรารู้มันได้ฝังตัวเป็นความจำฝังแน่น

การออกแบบสื่อการเรียนรู้พหุผัสสะ (multi-sensory media) เป็นการนำความสามารถของคอมพิวเตอร์มาถ่ายทอดเนื้อหาสาระหรือเรื่องราวที่จะให้ผู้เรียนรู้ได้เรียนรู้ โดยกำหนดให้คอมพิวเตอร์นำเสนอเนื้อหาสาระในรูปแบบที่ไปกระตุ้นประสาทรับความรู้สึกให้ทำงานและส่งสัญญาณประสาทเข้าสู่ระบบประสาทส่วนกลางเพื่อประมวลผลต่อไป การออกแบบการนำเสนอเนื้อหาได้คำนึงถึงข้อจำกัดในการเรียนตามแนวทางทฤษฎี cognitive load theory องค์ประกอบสำคัญในสื่อและวิธีการนำเสนอได้ออกแบบตามแนวทางทฤษฎี cognitive theory of multimedia learning กิจกรรมการเรียนรู้จากสื่อมุ่งหวังที่จะพัฒนาความจำขณะทำงาน (working memory)

ทั้งนี้เนื่องจากมีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงว่าความจำขณะทำงานมีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เนื้อหาสาระ เป็นเนื้อหาเรื่องไฟฟ้า สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การออกแบบหน่วยการเรียนรู้ไว้ 3 หน่วย ได้แก่ ปริมาณทางไฟฟ้า การต่อวงจรไฟฟ้าภายในบ้าน และการใช้พลังงานไฟฟ้า

การตรวจสอบคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า คุณภาพด้านเนื้อหาอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.53$, S.D.=0.58) คุณภาพสื่อส่วนของภาพอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.52$, S.D.=0.58) คุณภาพสื่อส่วนของเสียงอยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.47$, S.D.=0.58) คุณภาพสื่อส่วนของตัวอักษรอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}=4.53$, S.D.=0.58) คุณภาพสื่อส่วนของบทเรียนและปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับดี ($\bar{X}=4.33$, S.D.=0.46) โดยภาพรวมจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ สื่อมีคุณภาพในระดับดี ($\bar{X}=4.47$, S.D.=0.50)

การทดลองใช้สื่อตามแนวทางการหาคุณภาพสื่อ ของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521) โดยการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) การทดสอบภาพภาคสนาม (1:100) และ การทดลองนำสื่อพหุผู้สละไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติ พบว่าสื่อมีคุณภาพ $E_1/E_2=73.19/72.22$



ภาพที่ 1 โครงสร้างสื่อพหุผู้สละที่ใช้ความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

ระยะที่ 2 การศึกษาผลการใช้สื่อพหุผู้สละร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติ

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในระยะที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญาและผลงานสร้างสรรค์ ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยสื่อพหุผู้สละร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติ (กลุ่ม

ทดลอง 50 คน) กับนักเรียนที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนการสอนปกติ (กลุ่มควบคุม 52 คน) โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลองแบบ randomized control group pretest posttest design ผลการวิจัยพบว่า

1) ก่อนเรียนนักเรียน 2 กลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์แตกต่างกัน ดังนั้นจึงเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น (\bar{d}) ซึ่งพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเพิ่มขึ้นมากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (กลุ่มทดลอง $\bar{d} = 5.10$, $SD=1.22$; กลุ่มควบคุม $\bar{d} = 3.27$, $SD=1.09$; $t=8.02$, $p=.000$)

2) ก่อนเรียนนักเรียน 2 กลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจไม่แตกต่างกัน (automatic detection task : $T^2 = .001$; $F = .035$, $p = .966$; controlled search task : $T^2 = .019$; $F = .634$, $p = .595$) แต่หลังเรียนนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจสูงกว่ากลุ่มควบคุม (automatic detection task : $T^2 = .164$; $F = 8.135$, $p = .001$; controlled search task : $T^2 = .219$; $F = 7.155$, $p = .000$) ซึ่งผลการทดสอบ univariate หลังเรียนแสดงดังตารางที่ 1

3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานในประเด็นของร้อยละของความถูกต้องและเวลาการตอบสนองก่อนเรียนและหลังเรียนแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ก่อนเรียน ร้อยละของความถูกต้อง : $T^2 = .387$; $F = 3.165$, $p = .001$; เวลา

การตอบสนอง : $T^2 = .195$; $F = 1.992$, $p = .049$; หลังเรียน ร้อยละของความถูกต้อง : $T^2 = .267$; $F = 2.407$, $p = .014$; เวลาการตอบสนอง : $T^2 = .546$; $F = 5.583$, $p = .001$) ผลการทดสอบ univariate แสดงดังตารางที่ 2 และ 3

4) ผลการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความจุความจำขณะทำงานก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ร้อยละของความถูกต้อง : $T^2 = .040$; $F = 1.308$, $p = .276$; เวลาการตอบสนอง $T^2 = .027$; $F = .891$, $p = .449$) รวมทั้งคะแนนเฉลี่ยความจุความจำขณะทำงานหลังเรียนในส่วนของเวลาการตอบสนองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($T^2 = .013$; $F = .437$, $p = .727$) แต่พบว่าคะแนนเฉลี่ยความจุความจำขณะทำงานหลังเรียนในประเด็นของร้อยละของความถูกต้อง ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = .143$; $F = 4.682$, $p = .004$) ซึ่งผลการทดสอบ univariate นำเสนอดังตารางที่ 4 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลงานสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = .523$, $F = 8.278$, $p = .000$) โดยองค์ประกอบที่ต่างกันเป็นดังตารางที่ 5

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ univariate คะแนนเฉลี่ยความตั้งใจหลังเรียนเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดสอบกับกลุ่มควบคุม

	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	F (p)
	\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)	
auto detection task	292.26 (2.79)	290.44 (5.18)	4.800* (.031)
Correct hit			
Incorrect hit	.000 (.000)	.269 (0.56)	11.384* (.001)
Un hit	1.74 (2.79)	3.55 (5.188)	4.800* (.031)
contr search task	298.30 (1.11)	294.01 (6.55)	20.728* (.000)
Correct hit			
Incorrect hit	.000 (.000)	.019 (0.138)	.961 (.329)
Un hit	.700 (1.11)	4.28 (5.43)	20.971* (.000)

*p < .05

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบ univariate คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงาน(ร้อยละของความถูกต้อง) (*p < .05)

ตัวแปร	ร้อยละของความถูกต้อง					F (p)
	ก่อนเรียน		F (p)	หลังเรียน		
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
	\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)		\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)	
WR	90.60 (8.78)	89.32 (10.48)	.440 (.509)	96.70 (3.86)	95.09 (6.51)	2.247 (.137)
PR	97.40 (5.46)	94.42 (9.21)	3.898 (.051)	98.10 (3.62)	96.76 (6.76)	1.518 (.221)
DV	90.00 (11.95)	84.03 (13.89)	5.376* (.022)	94.00 (9.89)	90.78 (10.55)	2.493 (.118)
CR1	98.00 (7.28)	97.11 (6.05)	.447 (.506)	99.40 (2.39)	99.21 (2.71)	.131 (.719)
CR2	93.80 (8.78)	89.03 (9.55)	6.856* (.010)	97.60 (4.76)	96.27 (6.62)	1.329 (.252)
ST	95.86 (8.29)	89.38 (9.93)	12.739* (.001)	97.73 (3.95)	98.82 (2.89)	2.510 (.116)
SW	94.39 (8.86)	85.24 (11.71)	19.666* (.000)	97.59 (4.20)	95.94 (5.97)	2.573 (.112)
NW	94.80 (10.34)	91.34 (9.50)	3.086 (.082)	99.40 (2.39)	98.43 (4.18)	2.028 (.158)
RVI	78.55 (15.50)	74.48 (16.94)	1.598 (.209)	87.10 (12.52)	87.45 (11.97)	.020 (.888)

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ univariate คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงาน(เวลาการตอบสนอง)

ตัวแปร	เวลาการตอบสนอง					
	ก่อนเรียน		F (p)	หลังเรียน		F (p)
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม		กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
	\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)		\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)	
WR	.063 (.011)	.068 (.011)	.001 (.979)	.055 (.008)	.059 (.008)	4.532* (.036)
PR	.062 (.006)	.064 (.086)	2.213 (.140)	.054 (.005)	.053 (.007)	.413 (.522)
SR	.392 (.098)	.464 (.143)	3.173 (.078)	.315 (.065)	.343 (.087)	3.311 (.072)
DV	.047 (.045)	.042 (.008)	1.645 (.207)	.037 (.004)	.036 (.005)	1.114 (.294)
CR1	.047 (.007)	.047 (.006)	.238 (.627)	.040 (.005)	.039 (.006)	.867 (.354)
CR2	.061 (.018)	.059 (.013)	1.210 (.274)	.050 (.008)	.046 (.009)	5.100* (.026)
ST	.057 (.011)	.060 (.009)	1.430 (.234)	.047 (.007)	.052 (.008)	11.452* (.001)
SW	.065 (.014)	.071 (.013)	0.007 (.933)	.054 (.010)	.061 (.008)	14.259* (.000)
NW	.058 (.006)	.061 (.010)	9.015* (.003)	.051 (.006)	.051 (.008)	.328 (.568)
RVI	.037 (.006)	.030 (.006)	2.762 (.100)	.026 (.004)	.025 (.005)	.848 (.358)

*p < .05

Word recognition(WR), Picture recognition(PR) , Simple reaction time(SR), Digit vigilance(DV), Choice reaction time1(CR1), Choice reaction time2(CR2), Stroop(ST) , Spatial working memory(SW) , Numeric working memory(NW) , Rapid visual information(RVI)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบ คะแนนเฉลี่ยความจุความจำขณะทำงาน หลังเรียน (*p < .05)

ตัวแปร	ร้อยละของความถูกต้อง		F (p)
	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	
	\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)	
O - span	83.54 (11.37)	79.53 (8.11)	4.232* (.042)
Sym span	77.83 (11.17)	78.45 (8.11)	.104 (.748)
R - span	88.57 (6.28)	82.67 (12.02)	9.528* (.003)

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบ ความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยผลงานสร้างสรรค์แต่ละองค์ประกอบ

ตัวแปร	กลุ่มทดลอง	กลุ่มควบคุม	F (p)
	\bar{X} (SD)	\bar{X} (SD)	
Originality	2.80 (0.33)	2.45 (0.42)	21.120* (.000)
Practicality	3.96 (0.19)	3.98 (0.13)	.379 (.540)
Elaboration	4.08 (0.35)	3.85 (0.48)	7.238* (.008)
Multi-dimensional	3.84 (0.31)	3.73 (0.44)	2.034 (.157)
Environmental friendliness	3.94 (0.02)	3.75 (0.32)	12.716* (.001)
Aesthetic and attractive	3.17 (0.35)	3.01 (0.13)	8.342* (.005)

* p<.05

ผลการวิจัยระยะที่ 3 เป็นการขยายผลให้โรงเรียนมัธยมศึกษาในจังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 2 โรงเรียน นำสื่อที่พัฒนาขึ้นไปใช้ร่วมกับการสอนปกติซึ่งพบว่า ครูทั้ง 2 โรงเรียนสามารถนำสื่อไปใช้ได้ ทำให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคะแนนเฉลี่ยความตั้งใจ สูงกว่าก่อนเรียน ค่าความจำขณะทำงานและความจุความจำขณะทำงานหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเป็นบางภาระงาน ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนในโรงเรียนที่นำสื่อพหุผัสสะไปใช้

โรงเรียน	จำนวน (คน)	ก่อนเรียน		หลังเรียน		Pair t-test	P
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.		
1	24	13.83	3.47	18.79	3.89	24.431*	0.000
2	28	13.68	2.91	19.14	2.86	28.933*	0.000

* p < .05

อภิปรายผล

การพัฒนาสื่อพหุผัสสะที่ใช้ความรู้ประสาทวิทยาศาสตร์เป็นฐานได้ศึกษาค้นคว้าความรู้ทางกายวิภาคศาสตร์ และสรีรวิทยาของระบบประสาทและสมองโดยเฉพาะระบบรับรู้สีกพิเภกการมองเห็นและการได้ยิน ในระบบรับรู้สีกต่าง ๆ จะมีอวัยวะที่ทำหน้าที่เฉพาะอย่างเพื่อรับสิ่งกระตุ้นจากภายนอก ก่อนจะแปลเป็นสัญญาณประสาทส่งไปที่วิถีประสาทเข้าสู่สมองส่วนกลางเพื่อประมวลผล ในระบบการมองเห็นอวัยวะรับสัมผัส (sensory receptor) จะไวต่อสี รูปร่าง และการเคลื่อนไหว

ในระบบการได้ยินอวัยวะรับสัมผัสจะไวต่อความถี่ ความดัง และทิศทางของเสียง ในการพัฒนาสื่อที่ใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาจัดการงานด้านเสียง (audio) และงานกราฟิกที่สนองต่อความไวของอวัยวะรับสัมผัส และนำการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาใช้ในการออกแบบควบคุมการเรียนรู้ในสื่อ สื่อที่พัฒนาขึ้นเป็นสื่อที่มีคุณภาพเพราะมีการพัฒนาสื่ออย่างเป็นระบบ มีการตรวจสอบคุณภาพ 2 ขั้นตอนจากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญและมีการตรวจสอบคุณภาพตามแนวทางของชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2521) ซึ่งเป็นที่ยอมรับในการพัฒนาสื่อ

เนื่องจากมีการศึกษาพบว่า เพศอายุ สุขภาพ ประสิทธิภาพเดิมและระดับสติปัญญา มีผลต่อความเครียด ภาวะเสี่ยงต่อโรคอ้วนและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (บุษบา บุญมาน่า, 2542, สมโภชน์ เอี่ยมสุภชาติ และคณะ, 2545, Crosnoe and Muller, 2004) ก่อนศึกษาผลการใช้สื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติ ผู้วิจัยจึงได้เปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีข้อมูลพื้นฐานในด้าน เพศ อายุ ดัชนีมวลกาย และเกรดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนโรงเรียนอนุคุณาริส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่อยู่ในท้องถิ่นเดียวกันมีพฤติกรรมกรรมการบริโภคและกิจกรรมในชีวิตประจำวันคล้ายกัน การจัดนักเรียนเข้าห้องเรียนแต่ละห้อง โรงเรียนคำนึงถึงผลการเรียนเฉลี่ยและเพศ ดังนั้นจึงเชื่อมั่นได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเท่าเทียมกันก่อน

ทดลอง

การนำสื่อไปใช้พบว่าในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน นักเรียนที่เรียนจากการสอนปกติ ร่วมกับการใช้สื่อพหุผัสสะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดและ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Cullums (2012) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนรู้จากสื่อพหุผัสสะที่มีทั้งภาพ เสียง และสัมผัสส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

ผลการใช้สื่อพหุผัสสะร่วมกับการจัดการเรียนการสอนปกติพบว่าสามารถพัฒนาสมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญาได้โดยพิจารณาจาก ความตั้งใจ ความจำขณะทำงานและความจุ ความจำขณะทำงาน

ในด้านความตั้งใจพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความตั้งใจสูงขึ้น ทั้งจากการทดสอบด้วย automatic detection task และ controlled search task สอดคล้องกับสมมติฐานการวิจัย ซึ่งความตั้งใจ เป็นความสามารถในการจัดการรับข้อมูลจำนวนมากที่รับเข้าสู่ระบบรับความรู้สึกโดยเลือกที่จะรับการกระตุ้นอย่างใดอย่างหนึ่งและไม่สนใจที่จะรับสิ่งกระตุ้นอื่นๆ ความตั้งใจ แบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ความตั้งใจต่อเนื่อง(sustained attention) คือความตั้งใจในสิ่งเร้าสิ่งใดสิ่งหนึ่งเป็นเวลานานๆต่อเนื่องกัน และความตั้งใจในการคัดเลือกสิ่งเร้า (selective attention) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยศึกษาความตั้งใจในการคัดเลือกสิ่งเร้าโดยให้นักเรียนทำแบบ

ทดสอบ Ruff 2&7 จำนวน 2 ฉบับคือ automatic detection task และ controlled search task การที่นักเรียนมีคะแนนความตั้งใจสูงขึ้นเป็นเพราะนักเรียนได้มีการเรียนจากสื่อที่ออกแบบภาพและเสียงโดยคำนึงถึงกลไกการทำงานที่เกิดขึ้นในสมอง การนำเสนอบทเรียนมีการแบ่งเนื้อหาและการนำเสนอเป็นส่วนย่อยๆทีละน้อย ในการเรียนรู้ นักเรียนสามารถเลือกเรียนเรื่องใดก่อน - หลังได้และเมื่อเข้าใจแล้วสามารถเลือกไปเรียนเนื้อหาถัดไปได้ แต่ถ้าเรียนแล้วไม่เข้าใจก็สามารถย้อนกลับไปเรียนเนื้อหาเดิมได้ ซึ่งการออกแบบสื่อในครั้งนี้ ผู้วิจัยคำนึงถึงการส่งเสริมความตั้งใจโดยใช้หลักการ The split - attention principle in multimedia learning ของ Ayres P. and Sweller J. (อ้างถึง Mayer.R.E, 2005)

ในด้านความจำขณะทำงานพบว่าก่อนการทดลอง นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานแตกต่างกัน 4 ภาระงานคือ digit vigilance, choice reaction time 2, stroop และ spatial working memory และหลังการทดลองพบว่า การทดสอบค่าสถิติ Hotelling T^2 คะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงานพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ($T^2 = .267$; $F = 2.407$, $p = .014$) แต่เมื่อทดสอบด้วย univariate test ไม่พบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความจำขณะทำงาน

ข้อสังเกตจากผลการทดสอบความจำขณะทำงานก่อนเรียนและหลังเรียนพบว่า คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนก่อน

ข้างสูงมากเกือบเป็น 100% แสดงว่ามีลักษณะของ ceiling effect เกิดขึ้น ซึ่งน่าจะเป็นเพราะแบบทดสอบที่นำมาใช้เป็นแบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในคลินิกสำหรับผู้ป่วยหรือผู้ที่มีสุขภาพดีที่ค่อนข้างสูงอายุ ดังนั้นจึงอาจไม่เหมาะกับนักเรียนหรือวัยรุ่นที่มีสุขภาพดี

ในด้านความจุความจำขณะทำงานพบว่า คะแนนเฉลี่ยความจุความจำขณะทำงานของนักเรียนสูงขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Lusk et al. (2009) ที่ศึกษาความจุความจำขณะทำงานของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียที่ออกแบบให้ผู้เรียนควบคุมบทเรียนได้ตามความต้องการ (segmented instruction) และบทเรียนที่นำเสนอเนื้อหาตั้งแต่ต้นจนจบในคราวเดียว (nonsegmented instruction) โดยการศึกษา กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่มีคะแนนความจุความจำขณะทำงานต่ำจำนวน 66 คน และนักเรียนที่มีคะแนนความจุความจำขณะทำงานสูงจำนวน 67 คน พบว่านักเรียนกลุ่มที่มีคะแนนความจุความจำต่ำมีคะแนนความจุความจำขณะทำงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อเรียนรู้ด้วยสื่อมัลติมีเดียแบบ segmented instruction

ผลของการใช้สื่อในด้านผลงานสร้างสรรค์ โดยภาพรวมสื่อที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ได้ มีงานวิจัยจำนวนมาก (Alloway, 2008; Andersson, 2008) พบว่าการทำงานของสมองเชิงพุทธิปัญญา (cognitive function) โดยเฉพาะความจำขณะทำงาน (working memory) สามารถทำนายความสามารถทางด้านปัญญาด้าน

ต่าง ๆ เช่นการคิด การให้เหตุผลได้ รวมทั้งพบว่าความจำขณะทำงานมีความสัมพันธ์กับระดับสติปัญญา (Yuan and Others, 2006) การฝึกฝนพัฒนาความจำขณะทำงานส่งผลให้ความสามารถในการทำงานทางปัญญาเพิ่มขึ้นได้ Dehn (2008) สรุปว่าการทำงานที่มีประสิทธิภาพของความจำขณะทำงานและความจุความจำขณะทำงาน (working memory capacity) เป็นตัวกำหนดอัตราและขอบเขตของการเรียนรู้ การพัฒนาความจำขณะทำงานจึงเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่น่าสนใจในการส่งเสริมความสามารถทางปัญญาของเยาวชน สื่อพหุผัสสะที่พัฒนาขึ้นได้พัฒนาความจำขณะทำงานของผู้เรียนและผลการวิจัยพบว่าสามารถพัฒนาผลงานสร้างสรรค์ได้ อย่างไรก็ตามสื่อนี้ยังไม่สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ด้านการนำไปใช้ประโยชน์และการมีมุมมองหลายมิติได้ซึ่งอาจเป็นเพราะลักษณะการบูรณาการด้านความคิดสร้างสรรค์เข้าในกระบวนการสอนอย่างเดียวยังไม่เพียงพอ ควรมีสื่อที่ได้ฝึกคิดหลากหลายมิติเพิ่มขึ้นด้วย

5. สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยครั้งนี้จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนการสอนที่ใช้สื่อพหุผัสสะประกอบการจัดการเรียนการสอน สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ สมรรถนะสมองเชิงพุทธิปัญญา (ด้านความตั้งใจ ความจำขณะทำงาน ความจุความจำขณะทำงาน) และผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

6. ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากสื่อที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับหนึ่ง สมควรเผยแพร่ให้มีการใช้อย่างแพร่หลาย อย่างไรก็ตามผลการศึกษาระยะที่ 3 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (ร้อยละ 63) แม้จะสูงกว่าก่อนเรียน (ร้อยละ 43) แต่เมื่อเทียบกับผลการศึกษาในระยะที่ 2 ซึ่งคะแนนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 70 จะเห็นได้ว่าโรงเรียนที่นำสื่อไปใช้ในวงขยายผลประสบความสำเร็จน้อยกว่าโรงเรียนที่ใช้ทดลองในระยะที่ 2 ดังนั้นจึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

6.1 ข้อเสนอแนะในการนำสื่อไปใช้

6.1.1 การนำสื่อพหุผู้สละไปใช้ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ครูควรเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ให้พร้อมในการนำเสนอภาพและเสียง และควรเตรียมเครื่องให้เพียงพอกับการเรียนรู้นักเรียนหนึ่งคนต่อคอมพิวเตอร์หนึ่งเครื่อง

6.1.2 ก่อนมอบหมายให้นักเรียนเรียนรู้เพิ่มเติมจากสื่อครูควรทำความเข้าใจขั้นตอนการใช้สื่อ และทดลองใช้สื่อด้วยตนเองก่อนเพื่อให้สามารถแนะนำนักเรียนได้เมื่อเกิดปัญหาในการใช้สื่อ

6.2 ข้อเสนอแนะการวิจัยต่อไป

6.2.1 ควรปรับปรุงสื่อให้สามารถส่งเสริมองค์ประกอบด้านผลงานสร้างสรรค์ ให้สมบูรณ์ขึ้นโดยการเพิ่มแบบฝึกคิดสร้างสรรค์เชิงนวัตกรรมในบทเรียน เพิ่มเติมจากการใช้การจัดกระบวนการเรียนรู้ที่แตกต่างไปเท่านั้น

6.2.2 ควรพัฒนาเครื่องมือวัดความจำขณะทำงานสำหรับนักเรียนวัยรุ่นที่มีสุขภาพดี

6.2.3 ควรทำการวิจัยเชิงทดลองเปรียบเทียบการใช้สื่อพหุผู้สละที่พัฒนาขึ้นร่วมกับการสอนปกติในโรงเรียนต่างๆ (multisite study) เพื่อปรับปรุงคู่มือการใช้สื่อให้ทุกคนสามารถนำไปใช้ได้ผลเท่าเทียมกับที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลอง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ ได้แก่ โครงการทุนแม่พระนักวิจัยให้สร้างผลงานในระดับนานาชาติ กลุ่มวิจัยและพัฒนาเฉพาะทางด้านประสาทวิทยาศาสตร์ และบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บรรณานุกรม

1. ชัยยงค์ พรหมวงศ์ และคณะ. (2551). ระบบการสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
2. ทิศนา แคมมณี. (2552). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
3. นัยพินิจ ศษภักดี. (2551). การพัฒนาและวิวัฒนาการของประสาทวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย:อดีต ปัจจุบัน และอนาคต. วารสารประสาทวิทยาศาสตร์ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 2551; 3: 1-15.
4. บุญบา บุญนำมา. (2542). ปัจจัยที่มีผลต่อความเครียดของนักศึกษา : ศึกษากรณีนักศึกษาปริญญาตรี ภาคปกติ สถาบัน

- ราชภัฏพิบูลสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา สถาบันราชภัฏพิบูลสงคราม.
5. ราตรี สุดทรวง และวีระชัย ลิงหนิยม. (2550). *ประสาทศรัทธาวิทยา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
 6. สมโภชน์ เอี่ยมสุภาชิต และ คณะ (2545). รายงานการวิจัยเรื่อง ความแตกต่างของเพศชั้นปี และสาขาวิชาที่มีต่อความเครียด และการจัดการกับความเครียดของนิสิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
 7. อัครภูมิ จารุภากร และพรพีไล เลิศวิชา. (2551). *สมอง เร็ว รู้*. กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.
 8. Alloway TP, Gathercole SE, Kirkwood HJ. A working memory rating scale for children. Manuscript submitted for publication. 2008.
 9. Anderson U. Working memory as a predictor of written arithmetical skills in children: The importance of central executive functions. *British Journal of Educational Psychology* 2008; 78: 181-203.
 10. Crosnoe R, Muller C. Body mass index, academic achievement, and school context: examining the educational experiences of adolescents at risk of obesity. *Journal of Health and Social Behavior* 2004; 45: 393-407.
 11. Geake J, Cooper P. Cognitive neuroscience: implications for education. *Westminster Studies in Education* 2003; 26: 7-20.
 12. Goswami U. Principles of learning, implications for teaching: a cognitive neuroscience perspective. *Journal of Philosophy of Education* 2008; 42: 381-99.
 13. Lusk DL, Evans AD, Jeffrey TR, et al. Multimedia learning and individual differences: mediating the effects of working memory capacity with segmentation. *British Journal of Educational Technology* 2009; 40: 636-51.
 14. Mayer RE. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University 2005.
 15. Squire LR. *Fundamental neuroscience*. (3rded.). California: Elsevier 2008.
 16. Yuan K, Steedle J, Shavelson R, et al. Working memory, fluid intelligence and science learning. *Educational Research Review* 2006; 1: 83-98.