บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สมองมนุษย์เป็นสิ่งที่มหัศจรรย์ที่สุดที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ด้านประสาทวิทยาศาสตร์ (Neurosciences) ได้มีการเปิดเผยการทำงานของสมอง ทำให้เข้าใจกลไกของสมองที่มีต่อการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ส่งผลต่อรูปแบบของการจัดกระบวนการเรียนรู้ และการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในสังคม การเรียนรู้จะทำให้เซลล์สมองสร้างเครือข่ายเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ สามารถปรับตัวและมีความยืดหยุ่น หรือมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่เชื่อมต่อกันเป็นวงจรแห่งการเรียนรู้ และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่เรามีชีวิต ตลอดจนเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายใน เช่น การรับรู้ การคิด ความจำ ซึ่งการเรียนรู้มีหลายลักษณะเพื่อสร้างความเข้าใจโดยการเชื่อมโยงเหตุการณ์ การใช้เหตุผล การสร้างความคิดนามธรรม และการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหว (อัครภูมิ จารุภากร และพรพิไล เลิศวิชา, 2551) สมองมนุษย์ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก ทั้งหมดจะเชื่อมโยงหรือวิธีการที่เซลล์สมองหนึ่งจะส่งสัญญาณต่อเชื่อมกับเซลล์สมองอื่น ๆ ด้วยแขนงที่ยื่นออกมาจากเซลล์ประสาทเป็นเครือข่ายใยประสาท (Neural Networks) ของวงจรขนาดใหญ่ แต่ละวงจรอาจเปรียบได้กับข้อมูลแต่ละชิ้นที่อยู่ในสมอง ประสิทธิภาพของสมองนั้นเกิดจากการใช้งานจริง เซลล์สมองบางส่วนจะถูกใช้งานแตกต่างกันขึ้นอยู่กับขนาดการกระตุ้นของเซลล์ประสาท เพราะสมองเป็นอวัยวะที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการทำงานระบบอวัยวะของร่างกาย มีการทำงานที่ซับซ้อน (Complexity Organ) มากที่สุดของลำดับขั้นวิวัฒนาการ ปัจจุบันมีความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทำให้เกิดการพัฒนาความรู้ที่จำเพาะต่อการทำงานของระบบประสาท (Nervous System)

การทำงานของสมองก่อให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนรู้ ผู้เรียนแต่ละคนมีความสามารถทางสติปัญญาหรือความถนัดแตกต่างกัน สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ได้ทุกคน หากผู้เรียนได้รับโอกาสและจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่หลากหลายแตกต่างกันไปตามความต้องการของแต่ละบุคคล (ทิศนา แขมมณี, 2544) ตลอดจนเชื่อมโยงรูปแบบกระบวนการเรียนรู้ให้สามารถสร้างกระบวนการคิดด้วยตนเอง สามารถคิดตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งต้องอาศัยความว่องไวในการคิด มีไหวพริบ รู้จักมองกาลไกล รู้จักคิดล่วงหน้า รู้จักการวางแผน รู้จักใช้ความฉลาด ทำความเข้าใจเรื่องต่าง ๆ มองเห็นทุกส่วนของปัญหาและสามารถแก้ไขได้อย่างมีเหตุผล เป็นคนช่างสังเกตและสามารถจดจำรายละเอียดได้อย่างถูกต้อง

รวมถึงการเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ การคิดจึงเป็นกระบวนการทางสมองในการประมวลข้อมูลขึ้นจากสิ่งเร้าหรือข้อมูล โดยนำข้อมูลสองข้อมูลหรือมากกว่ามาเปรียบเทียบกันเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์หรือเพื่อให้เข้าใจความหมาย และมีคำตอบหรือทางเลือกที่เรียกว่ามิติสัมพันธ์ ซึ่งหมายถึงความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงด้านต่าง ๆ ของวัตถุเข้าด้วยกันอย่างมีระบบ (กิตติกานต์ อิสระ, 2548)

ความสามารถมิติสัมพันธ์ เป็นกระบวนการเฉพาะทางความคิดเกี่ยวกับวัตถุ ด้านมิติสัมพันธ์ไม่ใช่ความคิดด้านใดด้านหนึ่งเพียงมิติเดียว แต่จะรวมถึงการคิดเชิงพื้นที่ ความจำ ความสามารถในการหมุน หรือการนำชิ้นส่วนต่าง ๆ ของวัตถุหนึ่งมารวมเป็นส่วนประกอบใหญ่ (Rauscher & Zupan, 2000) ผู้ที่มีทักษะด้านมิติสัมพันธ์ดีจะมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ อย่างเชื่อมโยง เรียนรู้เร็ว รู้จักคิดวางแผนและมีจินตนาการกว้างไกล สามารถจัดกลุ่มรูปแบบต่าง ๆ ในสมองได้ดี เนื่องจากสมองทุกส่วนทำงานเชื่อมโยงกัน โดยเฉพาะสมองส่วนท้ายทอยที่ทำหน้าที่ในการรับรู้ด้วยการมองเห็นและการจินตภาพทำงานซับซ้อนขึ้น ดังที่วิททัชช์, เบาเออร์, กิทเทอร์ และลีโอดอลเทอร์ (Vitouch, Bauer, Gittler & Leodolter, 1997) ได้ศึกษาการทำงานของสมองระหว่างผู้ที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำขณะทำกิจกรรมด้านมิติสัมพันธ์กับกิจกรรมด้านภาษาด้วย Slow Potential Topography ศึกษาด้วย DC-recoded ผลการวิจัยพบว่า การวัดด้วยเครื่องมือที่เป็นเงื่อนไขด้านมิติสัมพันธ์จะพบการทำงานของสมองบริเวณท้ายทอยถึงขม่อม (Occipito-Parietal Region) และกลุ่มที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง พบว่าการทำงานค่อนข้างสมมาตรในสมองบริเวณท้ายทอย (Occipital) และบริเวณท้ายทอยถึงขม่อม (Occipito-Parietal Region) ส่วนพัทชยา และเพทส์เช (Bhattacharya & Petsche, 2002) ได้ศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างการทำกิจกรรมการรับรู้ด้วยการมองรูปวาดกับการจินตนาการรูปวาด โดยเปรียบเทียบความแตกต่างในการทำหน้าที่และพื้นที่บริเวณการกระตุ้นของสมองระหว่างกลุ่มที่เป็นศิลปินกับไม่ใช่ศิลปิน พบว่า ขณะทำกิจกรรมการรับรู้ด้วยการมองรูปวาด เซลล์ประสาทบริเวณที่ทำหน้าที่รับภาพเกิดการกระตุ้นของคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า (Beta) และแกมมา (Gamma) ซึ่งเป็นคลื่นความถี่สูง

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์จึงเปรียบเสมือนเป็นรากฐานการเรียนรู้และนำไปเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ ในการดำเนินชีวิต หรือการเรียนรู้แต่ละวิชา เพราะเป็นกระบวนการเชื่อมโยงของวงจรเซลล์ประสาทกับการเปลี่ยนแปลงสัญญาณเชื่อมต่อกันตามกลไกทางสมองที่มีต่อการเรียนรู้ในทุกศาสตร์ โดยใช้กระบวนการมองเห็น การรับรู้ตำแหน่งมิติของวัตถุสิ่งของต่าง ๆ สามารถจินตนาการความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ ที่ว่าง สถานที่และเวลา ซึ่งสัมพันธ์กับพฤติกรรม และระบบประสาทในการประมวลผลขณะทำกิจกรรมความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่เกิดจากกลไกการทำงานของสมอง

ทั้งสองซีกเชื่อมโยงประสานกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณท้ายทอย ผู้ที่มีทักษะด้านมิติสัมพันธ์จะเห็นภาพโดยรวมได้อย่างชัดเจน ดังที่เพียเจท์ และอินเฮลเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1971) ได้อธิบายความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ว่า เป็นการรับรู้จากการคิดมโนภาพ เด็กจะต้องพัฒนาความคิดไปจนถึงขั้นการวาดมโนภาพการเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ ได้เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างมิติและลงมือทำต่อวัตถุโดยตรง ส่วนการ์ดเนอร์ (Gardner, 1983) ได้อธิบายว่า เป็นความสามารถสร้างภาพในสมอง การจินตนาการเพื่อสร้างภาพต่าง ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อนเชื่อมโยงให้เกิดขึ้นภายในใจได้ แมกคิม (McKim, 1980) ได้อธิบายการคิดโดยใช้ภาพ (Visual Thinking) ว่าเป็นการจินตนาการโดยใช้ภาพเป็นตัวกระตุ้นที่ต้องอาศัย 3 ส่วนประกอบกัน ได้แก่ การมองเห็น (Seeing) การจินตนาการ (Imagining) และการวาดภาพ (Drawing) ซอร์บี (Sorby, 1999) ได้กล่าวเสริมว่า การมองเห็น การจินตนาการ และการวาดภาพเป็นแนวทางในการพัฒนาทักษะด้านมิติสัมพันธ์ด้วย

การวาดภาพเป็นกระบวนการคิดวางแผนเชื่อมโยงกันของระบบประสาทที่อาศัยการมองเห็นและการจินตนาการประกอบกัน จากการศึกษากระบวนการทางสมองกับการวาดภาพ ชาเออร์, แจนห์ และล็อตซ์ (Schaer, Jahn & Lotze, 2012) กล่าวว่า การวาดภาพเป็นความสามารถหนึ่งของมนุษย์ที่ต้องมีการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือ เริ่มจากการวาดเส้นไม่เพียงแต่การวาดภาพสามมิติและสองมิติเท่านั้น แต่เป็นการถ่ายโอนของระบบประสาทในการเข้ารหัส ซึ่งเป็นกระบวนการของระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการวาดภาพวัตถุที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็น เป็นการทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นซ้ำไปมา บินคอฟสกี และคณะ (Binkofski et al., 2000) ได้อธิบายรูปแบบการเคลื่อนไหวในมนุษย์ว่าเกิดในตำแหน่งของเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัววางแผน การเคลื่อนไหวอยู่บริเวณสมองส่วนหน้าด้านล่าง คัลแฮม, คาวินา-เพรทซี และซิงฮัล (Culham, Cavina-Pratesi & Singhal, 2006) กล่าวถึงการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็นว่า เป็นเส้นทางของระบบประสาทส่วนการมองเห็นบริเวณสมองส่วนท้ายทอยและเยื่อหุ้มสมองส่วนขม่อมส่วนกลาง ธาเลอร์ และกู๊ดเดล (Thaler & Goodale, 2011) กล่าวว่า ไม่เพียงการเคลื่อนไหวต่อเป้าหมายการมองเห็นโดยตรงเท่านั้น แต่ยังสัมพันธ์กับเป้าหมายการมองเห็นภายในสมองส่วนขมับด้านซ้าย สมองส่วนขม่อมกลีบขวาด้านหลัง และเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่วางแผนการเคลื่อนไหวร่วมด้วย

การวาดภาพตามกระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ (Willats, 1977) ได้เชื่อมโยงและส่งเสริมความเข้าใจในการสร้างภาพบนระนาบการวาดภาพให้เกิดความลึกแสดงมิติแบบทัศนียวิทยาที่สมบูรณ์ (Canonical Perspective) ว่าเป็นกระบวนการวาดภาพที่ให้ความลึก โดยจะเริ่มจากการวาดภาพรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่การวาดภาพที่แสดงรูปทรง 3 มิติ ด้วยการใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ 5 ขั้นตอน ได้แก่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1) การวาดภาพแนวดิ่ง และเส้นในแนวนอน 2) การวาดเส้นขนานในแนวดิ่ง 3) การวาดเส้นขนานในแนวนอน 4) การวาดเส้นเอียงขนานและเส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันแสดงถึงการวาดภาพรูปทรง 3 มิติอย่างชัดเจน และ 5) การวาดทับซ้อนกันของวัตถุและการวาดภาพวัตถุให้มีขนาดแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการวาดภาพแสดงรูปทรง 3 มิติ สอดคล้องกับเพียเจต์ และอินเฮลเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1967) ที่ได้อธิบายถึงการแสดงออกทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ว่า เป็นความสามารถในการฉายภาพของเส้นตรง (Projective Straight Line) การวาดเส้นที่เบนบรรจบเข้าหากัน (Remarkable Convergence) และความเข้าใจในเรื่องความคงที่ของขนาดและสัดส่วนของวัตถุในการสร้างให้เกิดความลึกภายในภาพ และเป็นการเชื่อมโยงระหว่างความเข้าใจด้านมิติ (Conception of Space) ตลอดจนความเข้าใจในการแสดงออกที่ถูกต้อง (Conception of Veridical Representational Activity) ซึ่งเป็นขั้นตอนพัฒนาการทางสมองที่ควบคุมความสามารถในการวาดภาพและการใช้มิติ ส่วนนัทเซาลัส (Natsaulas, 2000) กล่าวถึงการเชื่อมโยงระหว่างรูปสมมาตร (Symmetry Groups) ในคณิตศาสตร์กับศิลปะและประวัติศาสตร์ว่า มีการนำวัฒนธรรมจากที่ต่าง ๆ มาเป็นต้นแบบในการออกแบบเครื่องประดับและการตกแต่งภาพ สัญลักษณ์ของพิธีกรรมทางศาสนาร่วมกับหลักการทางคณิตศาสตร์ธรรมชาติมีภาพที่สร้างมาจากการสะท้อน และการหมุนภาพบนระนาบ

นอกจากนี้การใช้เทคโนโลยีในการสร้างรูปทรงเรขาคณิตด้วยโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) มีส่วนช่วยพัฒนาทักษะของการนึกภาพเชิงพื้นที่ (Visualization) สามารถเชื่อมโยงพัฒนาการพหุปัญญา ได้แก่ ปัญญาทางด้านภาษา ตรรกศาสตร์ มิติสัมพันธ์และด้านศิลปะได้อีกด้วย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2548) ดังที่เยาวภา ผูกสมัคร (2554) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดการสอนโดยใช้ GSP ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแปลงทางเรขาคณิต เมื่อปรับอิทธิพลของสมรรถภาพทางสมองด้านมิติสัมพันธ์ พบว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง การแปลงทางเรขาคณิตของสูงกว่ากลุ่มควบคุม สำหรับจูลี่ (July, 2001) ได้ศึกษาการคิดใน 3 มิติเกี่ยวกับการสำรวจความคิดทางเรขาคณิตและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนด้วยโปรแกรม GSP ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า GSP เป็นเครื่องมือการสอนเกี่ยวกับรูปทรงเรขาคณิต 3 มิติ โดยหลังเรียนนักเรียนสามารถพัฒนาความคิดเชิงเรขาคณิตเพิ่มขึ้น และพบว่าความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเคอร์ทูส (Kurtuluş, 2011) ได้ศึกษาผลของการใช้โปรแกรม GSP ช่วยวาดภาพแบบทัศนียภาพที่มีต่อความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์และการวาดภาพแบบทัศนียภาพ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ทั้งสองกลุ่มมีความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์ และการวาดภาพแบบทัศนียภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาการวาดภาพกับการทำงานของระบบประสาท พอสรุปได้ว่า การวาดภาพเป็นความสามารถในการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือ ที่มีการถ่ายโอนการเข้ารหัสของระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการวาดภาพวัตถุที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็น ซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นซ้ำไปมา โดยมีเส้นทางของระบบประสาทส่วนการมองเห็นบริเวณท้ายทอยและเยื่อหุ้มสมองบริเวณขม่อมส่วนกลาง ดังนั้นการวาดภาพจึงต้องมีทักษะการใช้มือที่ประยุกต์การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนการควบคุมการเคลื่อนไหวมาใช้เป็นตัวแทนประมวลผลรูปแบบที่ซับซ้อนในการจินตภาพ และสังเกตการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะรูปแบบการฝึกฝน ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยประยุกต์กระบวนการวาดของวิลลัตส์ ซึ่งเป็นกระบวนการวาดภาพที่ให้ความลึก เริ่มจากการวาดภาพรูปร่าง 2 มิติ ไปสู่รูปทรง 3 มิติ ด้วยการใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad (GSP) ซึ่งเป็นระบบซอฟต์แวร์สำหรับสร้างรูปทรงเรขาคณิต ที่มีคุณลักษณะสำคัญต่อการพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทักษะการจินตนาการ ทักษะของการนึกภาพเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะด้านมิติสัมพันธ์ โดยมุ่งหวังว่าโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตสามารถพัฒนาความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำให้มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น นั่นหมายถึงผู้ที่ได้รับการฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตจะมีกระบวนการถ่ายโอนการเข้ารหัสของระบบประสาทที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็นเชื่อมโยงกระบวนการคิด การจินตนาการได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าของกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

3. เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้าระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตกับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ผู้วิจัยศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงมิติสัมพันธ์ของการ์ดเนอร์ (Gardner, 1983) การรับรู้จากการคิดมโนภาพ การวาดมโนภาพการเปลี่ยนแปลงรูปภาพในมิติต่าง ๆ เพื่อให้เข้าใจถึงระบบความสัมพันธ์ระหว่างมิติและการลงมือกระทำต่อวัตถุโดยตรงของเพียเจท์ และอินเฮลเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1971) และวิธีคิดที่เน้นความคิดสร้างสรรค์ตามโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford, 1967) รวมทั้งเชื่อมโยงกับการคิดโดยใช้ภาพ (Visual Thinking) เป็นตัวกระตุ้นจะมีความเกี่ยวพันกัน 3 ส่วน คือ การมองเห็น การจินตนาการ และการวาดภาพของแม็กคิม (McKim, 1980) โดยการวาดภาพต้องมีการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือเพื่อวาดเส้น ซึ่งเป็นกระบวนการถ่ายโอนของระบบประสาทในการเข้ารหัสเกี่ยวกับการวาดภาพวัตถุที่ซับซ้อน การควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็น จึงเป็นการทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นซ้ำไปมา (Schaer, Jahn, & Lotze, 2012) สำหรับรูปแบบการเคลื่อนไหวในมนุษย์เกิดในตำแหน่งของเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่เป็นตัววางแผนการเคลื่อนไหวร่างกายคือบริเวณสมองส่วนหน้าด้านล่าง (Binkofski et al., 2000) ส่วนเส้นทางของระบบประสาทในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็นเกิดบริเวณสมองส่วนท้ายทอยและเยื่อหุ้มสมองบริเวณขม่อมส่วนกลาง (Culham, Cavina-Pratesi & Singhal, 2006)

เส้นทางการประมวลผลของระบบประสาทเกี่ยวกับการรับรู้ด้วยการมองเห็น สามารถแบ่งออกได้ 2 เส้นทาง คือ เส้นทางการประมวลผลเชิงวัตถุ (Object Processing) และเส้นทางการประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ (Spatial Processing) โดยเส้นทางการประมวลผลเชิงวัตถุ จะเริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทเพื่อประมวลผลที่สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) จากนั้นส่งสัญญาณประสาทต่ำลงมาสู่สมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) และส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ต่อไป ส่วนเส้นทางการประมวลผลเชิงมิติสัมพันธ์ เริ่มจากการรับรู้ด้วยการมองเห็น ส่งสัญญาณประสาทเพื่อประมวลผลที่สมองส่วนท้ายทอย (Occipital Lobe) เช่นเดียวกัน จากนั้นส่งสัญญาณประสาทขึ้นไปที่สมองส่วนขม่อม (Parietal Lobe) และส่งสัญญาณประสาทไปสู่สมองส่วนหน้า (Frontal Lobe) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของวิททัชช์และคณะ (Vitouch et al., 1997) ได้ศึกษาการทำงานของสมองของผู้ที่มีความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์สูง และผู้ที่มีความสามารถทางด้านมิติสัมพันธ์ต่ำขณะทำกิจกรรมด้านมิติสัมพันธ์ พบว่ามีการทำงานของสมองบริเวณท้ายทอยและบริเวณขม่อม การค้นพบแสดงถึงความสำคัญของสมองบริเวณท้ายทอย

นอกจากนี้ได้ศึกษาระดับคลื่นไฟฟ้าสมองเกี่ยวโยงกับกระบวนการทางสมองที่วัดมาจากหนังศีรษะ ปกติแล้วร่างกายมนุษย์จะเคลื่อนไหวหรือทำกิจกรรมใด ๆ จะถูกสั่งการมาจากสมอง

โดยจะส่งสัญญาณไฟฟ้าอ่อน ๆ ที่มีขนาดแรงดันต่ำในระดับมิลลิโวลต์ ผ่านทางเซลล์ประสาทมากระตุ้นหรือสั่งการกล้ามเนื้อให้เคลื่อนไหวตามที่ต้องการ สัญญาณไฟฟ้าสมองในช่วงคลื่นความถี่ประมาณ 5–30 Hz จะตอบสนองต่อทั้งความนึกคิดและการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นจังหวะที่แตกต่างกัน อาทิ ขณะตื่น หลับตา หรือกำลังพักผ่อน เป็นต้น ซึ่งสามารถกำหนดเป็นช่วงความถี่ได้ในแต่ละช่วงของความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองจะให้ผลของระดับประจุไฟฟ้าของคลื่น และมีช่วงการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมองที่แตกต่างกัน สุพรพิมพ์ เจียสกุล และคณะ (2548) ได้แบ่งชนิดของคลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ที่เด่นและลักษณะเฉพาะของความสูงออกเป็น 4 ชนิด คือ ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha, Beta, Theta และ Delta ส่วนแซไน และแชมเบอร์ (Sanei & Chambers, 2007) ได้กำหนดระดับช่วงความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองเป็น 5 ระดับ ได้แก่ ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Delta, Theta, Alpha, Beta และ Gamma ดังผลงานวิจัยของพัทชยา และเพทส์เช (Bhattacharya & Petsche, 2002) ได้นำเสนอผลการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างการรับรู้ด้วยการมองรูปวาดกับการจินตนาการรูปวาด พบว่า ในขณะมองรูปวาดเกิดการกระตุ้นของระบบประสาทของคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta และGamma ซึ่งเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงของเซลล์ประสาทบริเวณที่ทำหน้าที่รับภาพ

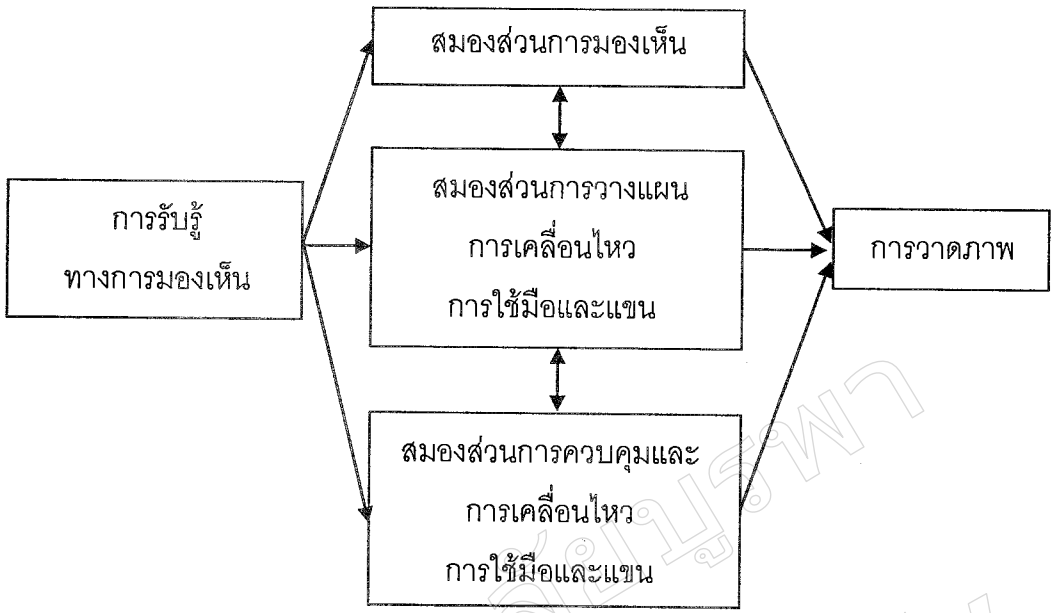
สำหรับการวิเคราะห์ด้วยคลื่นความถี่ไฟฟ้าสมองที่เกี่ยวกับการทำกิจกรรมทางมิติสัมพันธ์ พบว่า มีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะลืมตา และหลับตาด้วยช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Theta, Alpha 1, Alpha 2, Beta 1 และ Beta 2 ดังที่อาคซ์ และคณะ (Arce et al., 1995) ได้ศึกษาผลของความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และเพศของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ระหว่างกลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ กับกลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงลืมตาและหลับตา ปรากฏว่า ขณะลืมตากลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ต่ำกว่ากลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ สำหรับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 และ Beta 2 AP ปรากฏว่า Derivations สูงขึ้นทั้งหมดในเพศหญิง ยกเว้นที่บริเวณขมับ ต่อมาคอร์ซี่-คาเบรรา และคณะ (Corsi-Cabrera et al., 1997) ได้ศึกษาและบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในลักษณะเดียวกัน ระหว่างกลุ่มที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง กับกลุ่มที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ ปรากฏว่ากลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูง ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 ต่ำกว่ากลุ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ แต่จากผลการศึกษาของโมแรดิ และคณะ (Moradi et al., 2011) ที่บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนการฝึกอบรมกับหลังการฝึกอบรม ข้อค้นพบแตกต่างจากผลการวิจัยของอาคซ์ และคณะ (Arce et al., 1995) และผลการวิจัยของคอร์ซี่-คาเบรรา และคณะ (Corsi-Cabrera et al., 1997)

โมแรดิ และคณะ ได้นำเสนอผลก่อนการฝึกอบรมว่า ผู้ป่วยที่มีความเครียด หรือมีความวิตกกังวลสูง ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha กระตุ้นสมองบริเวณขม่อมส่วนกลาง (Pz) และช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta กระตุ้นบริเวณสมองส่วนหน้า (Fz) ลดลงเมื่อเทียบกับคนปกติ แต่หลังจากได้รับการฝึกอบรมช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และ Beta 1 เพิ่มขึ้น นั่นหมายถึง การมีสมาธิในการคิด มีความคิดตรึกตรอง และสามารถจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งจะเกิดการกระตุ้นบริเวณสมองส่วนหน้า ถ้าช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ลดลง หมายถึง การขาดสมาธิ ขาดความคิดตรึกตรอง และขาดความสามารถจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีภาวะเครียด ขาดสมาธิ และมีความวิตกกังวลสูง จากผลการรายงานตนเองของผู้ป่วยแสดงให้เห็นว่า เมื่อช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ลดลง ผู้ป่วยมีความตั้งใจ มีสมาธิในการคิด และสามารถจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้

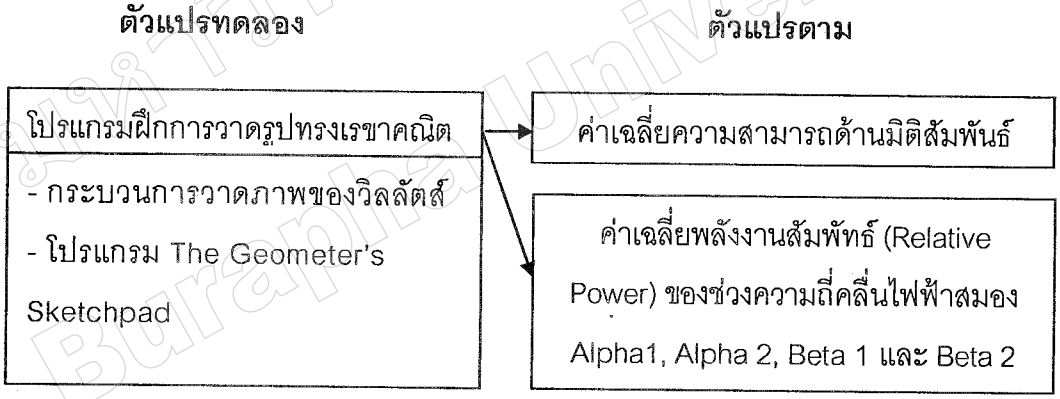
การเคลื่อนไหวต่อเป้าหมายกับการมองเห็นโดยตรงยังสัมพันธ์กับเป้าหมายการมองเห็นภายในสมองส่วนขมับด้านซ้าย สมองส่วนขม่อมกลีบขวาด้านหลัง และเยื่อหุ้มสมองส่วนที่ทำหน้าที่วางแผนการเคลื่อนไหวร่างกาย (Thaler & Goodale, 2011) รวมทั้งเชื่อมโยงลงสู่การปฏิบัติการวาดภาพเส้นลักษณะต่าง ๆ กับพื้นที่ว่างมาประกอบกันเป็นรูปร่าง รูปทรง หรือเป็นมิติตามกระบวนวาดของวิลลัตส์ (Willats, 1977) ซึ่งเป็นกระบวนการวาดภาพให้มีความลึกด้วยการวาดภาพที่ไม่มีมิติไปสู่การวาดภาพที่มีมิติแบบทัศนียภาพที่สมบูรณ์ ดังที่เพียเจต์ และอินเฮลเดอร์ (Piaget & Inhelder, 1967) อธิบายถึงการแสดงออกทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์ว่าเป็นขั้นตอนพัฒนาการทางสมองที่ควบคุมความสามารถในการวาดภาพและการใช้มิติ สำหรับการใช้เทคโนโลยีก็มีส่วนสำคัญในการพัฒนามิติสัมพันธ์ จึงศึกษาการวาดภาพด้วยโปรแกรม GSP ในการสร้างรูปทรงเรขาคณิตมาช่วยพัฒนาทักษะการจินตนาการนึกภาพเชิงพื้นที่ เพื่อการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต โดยประยุกต์กระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ ร่วมกับโปรแกรม GSP ซึ่งระบบประสาทจะประมวลผลขณะทำกิจกรรมการวาดภาพผ่านการรับรู้ทางการมองเห็น ผ่านกระบวนการรับรู้ (Perception) และกระบวนการทางความคิดความเข้าใจ (Cognition) ในการแปลความหมายสิ่งที่มองเห็นร่วมกับประสบการณ์ที่เคยได้รับมาก่อน ส่งผลให้มีทักษะเชิงมิติเพิ่มขึ้น รวมทั้งยังสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร่วมด้วย ดังผลการวิจัยของเดอเลียโลกลู (Delialioglu, 1999) ได้ศึกษาทักษะทางคณิตศาสตร์ร่วมกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายเอกฟิสิกส์ ผลการวิจัยชี้ให้เห็นว่า ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กันทางบวก สำหรับชัชวาลย์ อินทุสมิต (2546) ได้ศึกษาผลการสอนวาดภาพตามกระบวนการ

ของวิลสัตส์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการวาดภาพแสดงมิติสัมพันธ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน จูลี่ (July, 2001) ได้ศึกษาการคิดในสามมิติเกี่ยวกับการสำรวจความคิดทางเรขาคณิตและความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนด้วย GSP ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของนักเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับผลงานวิจัยของเคอร์ทูส (Kurtuluş, 2011) ได้ศึกษาผลของการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวาดภาพแบบทัศนียภาพที่มีต่อความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์และการวาดภาพแบบทัศนียภาพ โดยกลุ่มควบคุมปฏิบัติการวาดภาพบนกระดานและกระดาษ กลุ่มทดลองปฏิบัติการด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (GSP) ผลการทดลองปรากฏว่าทั้งสองกลุ่มมีความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์ และการวาดภาพแบบทัศนียภาพเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญตลอดจนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ส่งผลดีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอีกด้วย

จากการศึกษาการวาดภาพกับการทำงานของระบบประสาทดังกล่าว สรุปได้ว่า การวาดภาพเป็นความสามารถในการจัดลำดับการเคลื่อนไหวของมือ ที่มีการถ่ายโอนการเข้ารหัสของระบบประสาทเกี่ยวข้องกับการวาดภาพวัตถุที่มีความซับซ้อนในการควบคุมการเคลื่อนไหวควบคู่กับการมองเห็นซึ่งเป็นความสามารถในการทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นซ้ำไปมา การวาดภาพจึงต้องมีทักษะการใช้มือที่ประยุกต์การเปลี่ยนแปลงของระบบประสาทส่วนการควบคุมการเคลื่อนไหวมาใช้เป็นตัวแทนประมวลผลรูปแบบที่ซับซ้อนในการจินตภาพ และสังเกตการเคลื่อนไหว โดยเฉพาะรูปแบบการฝึกฝน ผู้วิจัยจึงได้พัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ซึ่งการวิจัยนี้ศึกษาทั้งด้านพฤติกรรมเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และกระบวนการทำงานของสมองด้วยการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง 2 กลุ่ม ระหว่างกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต กับกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต และระหว่างก่อนกับหลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต วิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1, Alpha 2, Beta 1และ Beta 2 เป็นช่วงคลื่นความถี่ที่มีบทบาทสำคัญต่อการเชื่อมโยงระบบประสาทในการเปลี่ยนแปลงของแหล่งกำเนิดต่าง ๆ ขณะลืมตาที่ได้รับตัวกระตุ้นด้วยการทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ดังกรอบแนวคิดพื้นฐานการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต (ภาพที่ 1) กรอบแนวคิดในการวิจัย (ภาพที่ 2) และสมมติฐานการวิจัย ต่อไปนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดพื้นฐานการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานการวิจัย

1. ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

2. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 และ Alpha 2 ของกลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ของกลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

4. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ของกลุ่มทดลอง หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ต่ำกว่าก่อนการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

5. ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

6. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1 และ Alpha 2 ของกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

7. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ของกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สูงกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

8. ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 ของกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ต่ำกว่ากลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต สำหรับเพิ่มความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ตามกระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad โดยได้เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ผลการวิจัยให้ประโยชน์ ดังนี้

1. ได้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต ตามกระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ที่สามารถนำไปปรับใช้สำหรับพัฒนาผู้มีความบกพร่องทางด้านมิติสัมพันธ์

2. นักเรียนที่มีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ต่ำ หลังการใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตจะส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถด้านมิติสัมพันธ์สูงขึ้น ซึ่งเป็นการเชื่อมโยงของระบบประสาทที่ทำงานประสานกันของตา แขนและมือในการลากเส้นซ้ำไปมา เพื่อสร้างมโนภาพในใจที่ส่งผลให้มีวิธีคิดเชิงมิติดีขึ้น

3. ได้วิธีการประเมินความสามารถด้านมิติสัมพันธ์โดยใช้คลื่นไฟฟ้าสมองด้วยค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ของแต่ละช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้า และตามตำแหน่งขั้วไฟฟ้า ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงประจักษ์ เกี่ยวกับกระบวนการทำงานของสมอง และสามารถนำไปเป็นแนวทางเพื่อยืนยันหรือเปรียบเทียบประสิทธิผลของความสามารถด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัยได้

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2555 ที่มีคุณสมบัติตามเกณฑ์ และได้รับอนุญาตจากผู้ปกครอง จำนวน 115 คน

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 2 ประจำปีการศึกษา 2555 ที่ได้ทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ พร้อมทั้งตรวจให้คะแนน และนำคะแนนรวมของอาสาสมัครทั้ง 115 คน ไปคำนวณจัดตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ เพื่อคัดเลือกผู้ที่มีคะแนนน้อยที่สุดขึ้นไปตามลำดับ จำนวน 30 คน เข้าเป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งตรงกับตำแหน่งเปอร์เซ็นไทล์ที่ 21.75 จากนั้นกำหนดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มด้วยวิธีการสุ่ม (Random Assignment) โดยการจับสลาก และจัดกลุ่มตัวอย่างเข้ากลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นกลุ่มใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต จำนวน 15 คน และกลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นกลุ่มไม่ใช้โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต จำนวน 15 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรทดลอง ได้แก่ โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิตที่ประยุกต์กระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ค่าเฉลี่ยความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

2.2 ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha 1, Alpha 2, Beta 1 และ Beta 2

นิยามศัพท์เฉพาะ

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Ability) หมายถึง คะแนนการทำข้อสอบจากแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ของเลวี่ และเลวี่ (Levy & Levy, 2010) ได้ถูกต้อง ซึ่งเป็นความสามารถทางสติปัญญาของบุคคลในการรับรู้ การมองเห็น การจินตนาการ และเข้าใจเกี่ยวกับมิติของวัตถุหรือรูปร่างรูปทรงหรือมุมมองที่แตกต่างกัน มีมโนภาพในการเห็นรูปทรงเมื่อเปลี่ยนตำแหน่งหรือแปลงสภาพไป รวมทั้งการจำแนกหรือการประกอบรูปร่างต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

โปรแกรมฝึกการวาดรูปทรงเรขาคณิต (Geometric Form Training Program) หมายถึง กิจกรรมการวาดภาพแสดงถึงมิติสัมพันธ์ ที่ประยุกต์กระบวนการวาดภาพของวิลลัตส์ ร่วมกับโปรแกรม The Geometer's Sketchpad ซึ่งเป็นเทคโนโลยีช่วยในการสร้างรูปร่างหรือรูปทรงเรขาคณิต ดังนี้

1. การวาดภาพตามทฤษฎีของวิลลัตส์ สามารถแบ่งขั้นพัฒนาการวาดภาพได้ 5 ขั้น ได้แก่

1.1 การวาดเส้นในแนวดิ่ง และเส้นแนวนอน

1.2 การวาดเส้นขนานในแนวดิ่ง

1.3 การวาดเส้นขนานในแนวนอน

1.4 การวาดเส้นเอียงขนาน และเส้นเอียงที่เบนบรรจบเข้าหากันแสดงถึงการวาดภาพรูปทรง 3 มิติ

1.5 การวาดภาพทับซ้อนกันของวัตถุ และการวาดภาพวัตถุให้มีขนาดแตกต่างกัน เป็นการสร้างภาพให้เกิดความลึกแสดงมิติแบบทัศนียภาพวิทยาที่สมบูรณ์

2. โปรแกรม The Geometer's Sketchpad หมายถึง เทคโนโลยีที่ใช้วาดรูปทรงเรขาคณิต และการแปลงทางเรขาคณิต โดยใช้คำสั่งจากกล่องเครื่องมือ การใช้เมนูสร้าง และการใช้เมนูการแปลง ประกอบด้วย

2.1 การเลื่อนขนาน (Translation) เป็นการแปลงแบบหนึ่งที่จุดทุกจุดของรูปต้นแบบเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกันเป็นระยะทางเท่า ๆ กัน

2.2 การสะท้อน (Reflection) เป็นการแปลงรูปเรขาคณิตที่จุดทุกจุดของรูปต้นแบบเคลื่อนที่ข้ามเส้นตรงเส้นหนึ่ง ซึ่งเปรียบเสมือนกระจกหรือเรียกว่า เส้นสะท้อน โดยที่เส้นนี้จะแบ่งครึ่งและตั้งฉากกับส่วนของเส้นตรงที่เชื่อมระหว่างจุดบนรูปต้นแบบกับจุดแต่ละจุดบนรูปสะท้อนที่สมนัยกัน

2.3 การหมุน (Rotation) เป็นการแปลงรูปเรขาคณิตที่จุดทุกจุดของรูปต้นแบบเคลื่อนที่ไปเป็นมุมเดียวกันรอบจุดคงที่ที่กำหนดซึ่งเรียกว่า จุดหมุน รูปที่เกิดจากการแปลงดังกล่าวจะเท่ากันทุกประการ

2.4 การย่อ/ขยาย (Zoom) เป็นการแปลงรูปเรขาคณิตให้มีการเพิ่มลดขนาดตามอัตราส่วนของเส้นตรง พื้นที่ และรูปที่มีปริมาตร

รูปทรงเรขาคณิต (Geometric Form) เป็นรูปร่างหรือรูปทรงที่สร้างขึ้นโดยใช้เครื่องมือทางเรขาคณิต รวมถึงการใช้เทคโนโลยีสร้างรูปทรงเรขาคณิตและการแปลงทางเรขาคณิตด้วยการใช้เส้นลักษณะต่าง ๆ ตามกระบวนการวาดของวิลลัตส์ ประกอบกันเป็นรูปร่างหรือรูปทรง

คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) หมายถึง สัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากร่างกายมนุษย์ซึ่งเรียกรวมกันว่าสัญญาณทางชีวภาพการแพทย์ (Biomedical Signal) รูปแบบของสัญญาณอยู่ในลักษณะของสัญญาณไฟฟ้าที่วิเคราะห์ทางแกนความถี่ (Frequency Domain Analysis) โดยนำคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปราศจากสัญญาณรบกวนในแต่ละเงื่อนไขมาคำนวณค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power, RP) ของช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ในการวิจัยนี้เป็นการศึกษาขณะทำแบบทดสอบความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จึงกำหนดช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองเพื่อวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (RP) ออกเป็น 4 คลื่น ตามงานวิจัยของอาคซ์ และคณะ (Arce et al., 1995) และคอร์ซี่-คาเบรรา และคณะ (Corsi-Cabrera et al., 1997) พร้อมทั้งได้ปรับช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าให้สอดคล้องกับข้อมูล โดยในการวิจัยนี้สนใจศึกษา 2 คลื่นหลัก ๆ คือ ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Alpha และ Beta ดังนี้

1. คลื่นไฟฟ้าสมองแอลฟา (Alpha Brain Wave) หมายถึง คลื่นที่เกิดขึ้นในขณะตื่นเป็นช่วงความถี่เกี่ยวกับสมาธิ ความคิดตรึกตรอง และความผ่อนคลาย จำแนกออกเป็น 2 ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ Alpha 1 (ระหว่าง 7.41–9.41 Hz) และ Alpha 2 (ระหว่าง 9.61–12.41 Hz)

2. คลื่นไฟฟ้าสมองเบต้า (Beta Brain Wave) หมายถึง คลื่นที่เกิดขึ้นในขณะที่สมองตื่นตัว รู้ตัว ขณะวุ่นวายกับความคิดต่าง ๆ รวมทั้งเกี่ยวกับความตั้งใจต่อตัวกระตุ้น ถ้าเริ่มตั้งใจรับรู้สิ่งเร้าจากภายนอกหรือภายในหรือนึกถึงภาพที่เคยเห็น จะทำให้ Alpha Rhythm เปลี่ยนไปเป็นคลื่นความถี่เร็วและมีขนาดเล็กลงที่เรียกว่า Beta Wave จำแนกออกเป็น 2 ช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ได้แก่ Beta 1 (ระหว่าง 12.62–17.42 Hz) และ Beta 2 (ระหว่าง 17.62–25.04 Hz) โดยช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 แสดงถึงความตั้งใจ สมาธิในการคิด และความสามารถในการจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ถ้าช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 1 ลดลง หมายถึง การขาดสมาธิ ขาดความคิดตรึกตรอง และขาดความสามารถในการจัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าช่วงความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง Beta 2 เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้มีภาวะเครียด ขาดสมาธิ และมีความวิตกกังวลสูง

ค่าเฉลี่ยพลังงานสัมพัทธ์ (Relative Power) หมายถึง การนำคลื่นไฟฟ้าสมองที่ปราศจากสัญญาณรบกวนในทุก ๆ Epoch (Artifact-Free Epoch) ในแต่ละเงื่อนไขที่ผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์ Fast Fourier Transform: FFT และคำนวณหาค่าพลังงานเฉลี่ยสเปคตรัม Absolute Power (AP) หารด้วยพลังงานเฉลี่ยสเปคตรัมรวม (Total Power) คูณด้วย 100 ดังนี้

$$\% \text{ Relative Power (RP)} = \frac{\text{Absolute Power (AP)}}{\text{Total Power}} \times 100$$