บทความวิชาการ (Academic Article)

ประสาทวิทยาการศึกษา: ความหมาย ขอบข่าย และเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท

Educational Neuroscience: Definition, Scope, and Neuroimaging

ศานิตย์ ศรีคุณ[1*]

Sanit Srikoon[1*]

[1] คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

[1] Faculty of Education, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

*Corresponding author: sanitsrikoon@gmail.com

Received: March 8, 2022; **Revised:** August 25, 2022; **Accepted:** December 12, 2023

บทคัดย่อ

วิวัฒนาการและความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท ได้แก่ เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ ที่สามารถใช้เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบประสาท ด้วยการวัดจากปริมาณความแตกต่างของคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของเลือด และเครื่องอีอีจีที่สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองของระบบประสาทวัดได้จากผลรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองของแต่ละเซลล์ประสาท ด้วยเหตุประการฉะนี้จึงก่อเกิดองค์ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ที่แม่นยำมากขึ้นด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ทางวิทยาศาสตร์ จนกระทั่งเกิดการผสมผสานศาสตร์วิชาที่เรียกว่า “ประสาทวิทยาการศึกษา” อันเป็นพหุวิทยาการที่สำคัญที่มีศาสตร์จิตวิทยา การศึกษา และประสาทวิทยาศาสตร์ หลอมรวมเพื่อสร้างความชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และสามารถขยายพรมแดนการเรียนรู้ พร้อมทั้งสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมทางการศึกษาที่มีความน่าเชื่อถือและแม่นยำมากยิ่งขึ้น การบูรณาการศาสตร์วิชานี้เกิดขึ้นทั้งระดับอุดมการณ์ ได้แก่ ทฤษฎี อุดมคติ และคุณค่า อันเป็นการผสานศาสตร์วิชา และระดับปฏิบัติการ ได้แก่ วิธีการ และสภาพแวดล้อม/สังคม รวมทั้งระดับผลลัพธ์อีกด้วย

คำสำคัญ: ประสาทวิทยาการศึกษา เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท
ประสาทวิทยาศาสตร์ การศึกษา

Abstract

There has been the evolution and advances of neuroimaging technologies, for example, FMRI which can be used to study the processes of the nervous system by measuring differences in electromagnetic properties of blood and EEG which can measure the brain's electrical activity based on the sum total of the electrical activity of each neuron. This has led to a more accurate body of knowledge about the learning process with scientific empirical evidence. As a result, it has contributed to the combination of sciences, thus developing a new field referred to as "Educational Neuroscience". This field is a multidisciplinary science between psychology, education, and neuroscience, which aims to shed clear light on the learning process, to transcend learning limitations, and to create educational innovations with reliability and more accuracy. This integration of sciences is implemented on an ideological level, e.g., theories, ideals, and values, which amalgamate different sciences, a practice level, including methods and environment/society, and an outcome level.

Keywords: Educational Neuroscience, Neuroimaging, Neuroscience, Education

บทนำ

"Educational neuroscience is frequently associated with the 'science' of learning. While it encompasses a broad range of scientific disciplines, from basic neuroscience to cognitive psychology to computer science to social theory, at its core is a resonant objective to determine and develop methods that teachers and students can use to improve the learning experience."

“ประสาทวิทยาการศึกษา เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์การเรียนรู้ และครอบคลุมสาขาวิชาที่หลากหลาย ตั้งแต่ประสาทวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ไปจนถึงจิตวิทยาการรู้คิด วิทยาการคอมพิวเตอร์ หรือแม้กระทั่งทฤษฎีทางสังคม อันมีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อกำหนดและพัฒนาวิธีการที่ครูและนักเรียนสามารถที่จะใช้เพื่อปรับปรุงประสบการณ์การเรียนรู้”

(Jamaludin, Henik and Hale, 2019)

มากกว่า 50 ปีที่ผ่านมา ได้มีวิวัฒนาการและความก้าวหน้าของงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ (neuroscience) จำนวนมาก ที่พยายามจะอธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์ และมีจำนวนมากพอที่จะใช้เป็นกรอบความคิดเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายเกี่ยวกับรายละเอียดต่าง ๆ เกี่ยวกับกระบวนการรู้คิด (Cognitive Processes) จิตวิทยา (Psychology) การศึกษา(Education) วิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) หรือแม้กระทั่งทฤษฎีทางสังคม (Social Theory) กล่าวคือเป็นการสำรวจความสัมพันธ์และเชื่อมโยงระหว่างศึกษาศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ทางสมอง ซึ่งครอบคลุมถึงประสาทวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาสำหรับเด็ก วิทยาการรู้คิด และวิทยาการคอมพิวเตอร์ อันส่งผลกระทบต่อกระบวนการต่าง ๆ ทางสังคม เพื่อสังเคราะห์ทฤษฎี วิธีการ และเทคนิค วิธีต่าง ๆ เพื่อประยุกต์ใช้กับงานวิจัยและการปฏิบัติการทางการศึกษา และในขณะเดียวกันองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยตามสาขาเหล่านี้ สามารถสะท้อนกลับคืนเพื่อตรวจสอบองค์ความรู้ หรือผลการวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ได้เช่นเดียวกัน ด้วยกระบวนการอันเป็นวัฏจักรดังกล่าว ทำให้เกิดพื้นที่ความรู้ใหม่ ที่เรียกว่า ประสาทวิทยาการศึกษา (Educational Neuroscience) เป็นพหุวิทยาการ (Multidisciplinary)อีกแขนงหนึ่ง อันสามารถสร้างความชัดเจนเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน สามารถขยายพรมแดนการเรียนรู้ และสามารถสร้างสรรค์นวัตกรรมทางการศึกษา ที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถใช้ได้ในบริบทจริง

วิวัฒนาการของการผสมผสานศาสตร์วิชาได้ดำเนินไปอย่างรวดเร็ว เนื่องจากความเจริญก้าวหน้าทางระเบียบวิธีการวิจัย และเทคโนโลยี ที่เข้ามามีส่วนสนับสนุนส่งเสริมให้กระบวนการวิจัยนั้นได้ดำเนินการไปอย่างรวดเร็ว และมีความแม่นยำมากขึ้น เช่น โปรแกรมในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ แหล่งฐานข้อมูลทั้งในระดับชาติและนานาชาติ ระบบอินเทอร์เน็ต เป็นต้น สิ่งเหล่านี้กลายเป็นตัวกระตุ้นที่ส่งผลต่อสังคมหรือระบบการศึกษาในประเทศ หรือมีการผสมผสานศาสตร์วิชาจนกลายเป็นศาสตร์วิชาแขนงใหม่นั่นเอง

2. ขอบข่ายความหมายของประสาทวิทยาการศึกษา

2.1 ขอบข่ายความหมายของคำว่า ประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience)

Goswami (2004) กล่าวว่า ประสาทวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ และความจำของสมอง จากระดับโมเลกุล ไปจนถึงระดับเซลล์ รวมทั้งระบบการทำงานของสมองและระบบประสาท พื้นที่ของสมอง วิธีการทำงานของระบบประสาทของพฤติกรรมต่าง ๆ เป็นต้น

Cambridge University (2021) ให้ความหมายของคำว่า ประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) ว่า เป็นการศึกษาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบประสาทและสมอง (the scientific study of the nervous system and the brain)

ระบบประสาท จะทำหน้าที่ควบคุมและประสานงานการทำงานของร่างกายในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมทั้งภายในและภายนอกร่างกาย และระบบประสาท ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบประสาทรับความรู้สึก (Sensory System) ระบบส่วนกลาง (Central System) และระบบประสาทมอเตอร์ (Motor System) และยังพบว่าระบบประสาทประกอบด้วยเซลล์ประสาท (Nerve Cell) และเส้นประสาท (Nerve Fiber) ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบ ทุกส่วนของร่างกาย เช่น ระบบประสาทควบคุมระบบไหลเวียนเลือด ระบบประสาทควบคุมระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาทควบคุมระบบหายใจ เป็นต้น (ราตรี สุดทรวง, 2539) และเมื่อพิจารณากระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น ความจำ ความเข้าใจ อารมณ์ การคิด การสื่อสาร และการมีปฏิสัมพันธ์กับสังคม เป็นต้น ล้วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำงานของระบบประสาททั้งสิ้น

ดังนั้นประสาทวิทยาศาสตร์ จึงเกี่ยวข้องกับระบบอื่น ๆ ของร่างกายทั้งหมด โดยมีความสัมพันธ์กับระบบประสาททั้งทางตรงและทางอ้อม

2.2 ขอบข่ายความหมายของคำว่า การศึกษา (Education)

ส. ศิวรักษ์ (2516) ให้ความหมายของคำว่า “การศึกษา” หมายถึง

(ก) วิธีการต่าง ๆ ที่ถ่ายทอดความรู้ ทักษะ และทัศนคติ

(ข) ทฤษฎีต่าง ๆ ที่พยายามจะอธิบายหรือให้เหตุผลในการถ่ายทอดนั้น ๆ

(ค) คุณค่าหรืออุดมคติต่าง ๆ ที่มนุษย์พยายามจะเข้าให้ถึงโดยอาศัยความรู้ ทักษะ และทัศนคติ เพราะฉะนั้นวิธีการฝึกปรือหรือถ่ายทอดจึงขึ้นอยู่กับคุณค่าหรืออุดมคติที่ต้องประสงค์นี้เป็นผลบั้นปลาย

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 นิยามคำว่า “การศึกษา” ไว้ในมาตรา 4 ว่า การศึกษา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้เพื่อความเจริญงอกงามของบุคคลและสังคม โดยการถ่ายทอดความรู้ การฝึก การอบรม การสืบสานทางวัฒนธรรม การสร้างสรรค์จะลงความก้าวหน้าทางวิชาการ การสร้างองค์ความรู้ อันเกิดจากการจัดสภาพแวดล้อม สังคมการเรียนรู้ และปัจจัยเกื้อหนุนให้บุคคลเรียนรู้อย่างต่อเนื่องและตลอดชีวิต (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2542)

วิทย์ วิศทเวทย์ (2544) กล่าวว่า การศึกษา คือ การสร้างคนที่มีลักษณะที่พึงประสงค์ โดยลักษณะเหล่านั้นต้องสอดคล้องกับอุดมการณ์ทางการเมือง เศรษฐกิจ และสังคมวัฒนธรรมของสังคมด้วย

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 ได้ให้ความหมายของคำว่า “ศึกษา” หมายถึง การเล่าเรียน ฝึกฝน และอบรม (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2554)

ดังนั้นเมื่อกล่าวคำว่า “การศึกษา” จึงมีความหมายครอบคลุมอยู่ 3 ประการ ได้แก่

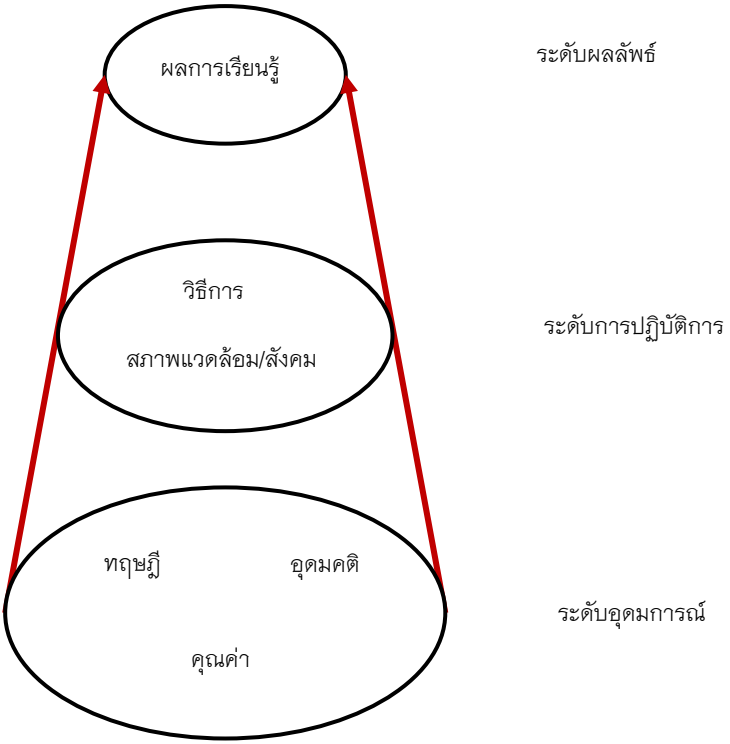
ประการที่ 1 ระดับอุดมการณ์ มีขอบเขตความหมายครอบคลุมถึง อุดมคติทางการศึกษา ทฤษฎีต่างๆ และคุณค่า

ประการที่ 2 ระดับการปฏิบัติ มีขอบเขตความหมายครอบคลุมถึง วิธีการต่าง ๆ อันทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ และการจัดสภาพแวดล้อมหรือสังคม อันเป็นปัจจัยเกื้อหนุนให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

ประการที่ 3 ระดับผลการเรียนรู้ มีขอบข่ายความหมายครอบคลุมถึง ความรู้ ทักษะ ทัศนคติ องค์ความรู้ หรือนวัตกรรมต่าง ๆ หรือ ผลลัพธ์อื่นใดก็ตาม อาจเกิดขึ้นจาก เหตุปัจจัยทั้งระดับอุดมการณ์และระดับการปฏิบัติ

เมื่อพิจารณาทั้งสามระดับข้างต้น พบว่า ระดับอุดมการณ์เป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการต่าง ๆ ทางการศึกษา เป็นระดับที่ต้องกำหนดอุดมคติ เป้าหมาย ทฤษฎีต่าง ๆ และคุณค่าทางการศึกษา นักการศึกษาจะพิจารณาประเด็นดังกล่าวอย่างถี่ถ้วนด้วยปัญญาเพื่อหาข้อสรุปและขอบเขตที่ชัดเจนตามบริบท หลังจากนั้น จึงนำไปออกแบบการจัดการเรียนรู้ทั้งในและนอกห้องเรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามอุดมการณ์ทางการศึกษา และจะมีความพยายามสูงมากที่จะพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุตามอุดมการณ์ทางการศึกษา ซึ่งก็คือระดับการปฏิบัตินั่นเอง หลังจากนั้นก็จะมีข้อสงสัยว่า ผู้เรียนบรรลุองค์ความรู้หรือมีผลลัพธ์การเรียนรู้ตามอุดมการณ์ที่คาดหวังไว้หรือไม่ และอย่างไร เพื่อสะท้อนผลการเรียนรู้ของผู้เรียนสู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกภาคส่วน ในระดับผลการเรียนรู้นั่นเอง แต่โดยธรรมชาติของความสัมพันธ์ทั้งสาม

ระดับขั้นต้นนั้น พบว่า ระดับผลการเรียนรู้อาจเกิดขึ้นน้อยกว่าเป้าหมายของระดับการปฏิบัติที่ต้องการให้เป็น และการปฏิบัติอาจเกิดขึ้นได้น้อยกว่าเป้าหมายของระดับอุดมการณ์ที่ตั้งไว้ เพราะเหตุปัจจัยนานัปการที่เกิดขึ้นและเข้าแทรกแซงกระบวนการทางการศึกษา ดังนั้น นักการศึกษาควรพิจารณาอย่างถี่ถ้วนเมื่อดำเนินการทางการศึกษาเพื่อให้ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนเกิดขึ้นตามอุดมการณ์ทางการศึกษามากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ สรุปได้ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 สรุปขอบข่ายความหมายของการศึกษา

2.3 ขอบเขตความหมายของประสาทวิทยาการศึกษา (Educational Neuroscience)

ในช่วงสองทศวรรษนี้ มีความพยายามที่จะผสานระหว่างประสาทวิทยาศาสตร์กับการศึกษาเข้าด้วยกัน ส่งผลให้มีคำศัพท์ที่มีลักษณะความหมายคล้ายกันอยู่หลายคำ เช่น “Neuroeducation”, “Mind, Brain and Education”, “Neuroscience in Education” เป็นต้น ซึ่งแต่ละคำนั้นอาจมีนักการศึกษา ได้นิยามความหมายและขอบเขตเหมือนกันหรือแตกต่างกันไปตามแต่ละบริบท และอาจมีบางส่วนของขอบเขตความหมายเหล่านั้นมีส่วนซ้อนทับกับบทความวิชาการฉบับนี้ก็ตาม ขอให้ผู้อ่านถือว่าบทความวิชาการฉบับนี้ สังเคราะห์ขึ้นตามแนวคิด “ประสาทวิทยาการศึกษา (Educational Neuroscience)” เป็นสำคัญ

Byrnes and Vu (2015) ได้กล่าวถึงขอบเขตของ ประสาทวิทยาการศึกษาว่า ประกอบขึ้นจาก 3 ศาสตร์วิชา ได้แก่ จิตวิทยา (Psychology) การศึกษา (Education) และ ประสาทวิทยาศาสตร์ (Neuroscience) อันมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ดังนั้น ประสาทวิทยาการศึกษาเป็นพหุวิทยาการอีกแขนงหนึ่ง อันเกิดขึ้นจากการผสานของทั้งสามสาขาวิชาข้างต้น

วิธีการที่จะพิจารณากระบวนการผสานศาสตร์วิชา เพื่อให้เกิดประสาทวิทยาการศึกษา สามารถพิจารณาได้ดังนี้ หากให้แต่ละศาสตร์วิชาแทนด้วยวงกลม ประสาทวิทยาการศึกษาจะเป็นพื้นที่ซ้อนทับกันของทั้งสามวงกลม พื้นที่ซ้อนทับกันระหว่างจิตวิทยากับการศึกษาเรียกว่า จิตวิทยาการศึกษา (Educational Psychology) พื้นที่ซ้อนทับกันระหว่างจิตวิทยากับประสาทวิทยาศาสตร์ เรียกว่า ประสาทจิตวิทยา (Neuropsychology) พื้นที่ซ้อนทับกันระหว่าง ประสาทวิทยาศาสตร์กับการศึกษา เรียกว่า ประสาทวิทยาศาสตร์ทางการศึกษา (Neuroscience in Education)

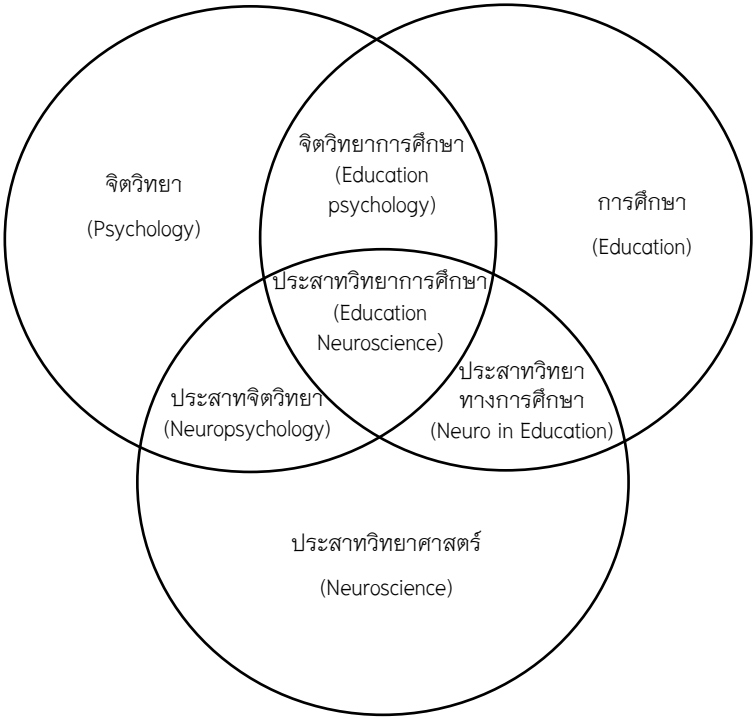
จิตวิทยาการศึกษา (Educational Psychology) เป็นศาสตร์วิชาที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนรู้ และพัฒนาการของผู้เรียน ในบริบทของการเรียนการสอน มีจุดหมายหลักเพื่อคิดค้นทฤษฎีและหลักการ อันนำมาซึ่งแนวทางในการช่วยแก้ปัญหาทางการศึกษา อีกทั้งส่งเสริมกระบวนการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยยึดจิตวิทยาพัฒนาการ การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมความจำ การจัดการเรียนรู้โดยยึดความแตกต่างระหว่างบุคคล เป็นต้น ศาสตร์วิชานี้ได้รับการพัฒนามาอย่างยาวนาน และหลายครั้งก็เป็นคำถามว่าพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกนั้น มาจากเหตุปัจจัยตามทฤษฎีจิตวิทยาการศึกษาจริงหรือไม่ เนื่องจากองค์ความรู้และงานวิจัยทางจิตวิทยาการศึกษาที่ผ่านมามักใช้พฤติกรรมที่วัดได้ที่กลุ่มเป้าหมายแสดงออกมา ดังนั้น หากมีองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ทั้งระดับโมเลกุล ระดับเซลล์

รวมทั้งกลไกการทำงานของระบบประสาท ก็จะสามารถเติมเต็มและพัฒนาองค์ความรู้ทางจิตวิทยาการศึกษาได้

ประสาทจิตวิทยา (Neuropsychology) เป็นศาสตร์วิชาที่นำองค์ความรู้และงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์มาอธิบาย และสร้างแนวคิดทฤษฎีทางจิตวิทยาทั่วไป เช่น การใช้งานวิจัยและองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายกลไกของความจำ ความตั้งใจ หรือขบวนการคิดขั้นสูง เป็นต้น ซึ่งทำให้ศาสตร์วิชาจิตวิทยามีความชัดเจนมากขึ้น ด้วยเหตุที่ว่าองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์นั้น ผ่านกระบวนการวิจัยเชิงทดลอง อันมีหลักฐานเชิงประจักษ์ ที่ได้มาจากเครื่องมือที่มีความเป็นปรนัยสูง มีความตรง (Validity) และความเที่ยง (Reliability) แต่ก็ยังไม่ได้มีจุดเน้นเกี่ยวกับกระบวนการนำองค์ความรู้เหล่านี้ลงสู่กระบวนการเรียนการสอน

ประสาทวิทยาศาสตร์ในการศึกษา (Neuroscience in Education) เป็นการนำองค์ความรู้และงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ มาอธิบายและสร้างนวัตกรรมทางการศึกษา โดยใช้องค์ความรู้ทางจิตวิทยาน้อยมาก เช่น การนำงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์มาเป็นแนวคิดทฤษฎีเพื่อพัฒนาสื่อการเรียนรู้ (โดยไม่ได้พิจารณาแนวคิดทฤษฎีทางจิตวิทยา) เป็นต้น หากมีการใช้องค์ความรู้และงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ลงสู่กระบวนการทางการศึกษา ดังกรณีตัวอย่างข้างต้น อาจมีปัญหาเกิดขึ้นคือ สื่อการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นนั้น อาจมีความยากมากกว่าที่ผู้เรียนจะสามารถเรียนได้ หรืออาจง่ายเกินไป จนทำให้กระบวนการเรียนการสอนไม่คุ้มกับเวลา และงบประมาณที่สูญเสียไป

ประสาทวิทยาการศึกษา (Educational Neuroscience) จึงเป็นการผสานทั้งสามศาสตร์วิชา ได้แก่ จิตวิทยา การศึกษา และประสาทวิทยาศาสตร์ เพื่อผสานเติมเต็มแต่ละศาสตร์วิชาให้สามารถเกิดประโยชน์ให้มากที่สุด ยกตัวอย่างเช่น หากครูผู้สอนต้องการยกระดับผลการเรียนรู้ของผู้เรียน ครูผู้สอน พบว่า ถ้าผู้เรียนมีความจำ (Memory) ที่ดี จะมีผลการเรียนรู้ที่ดีด้วย (ถือเป็นองค์ความรู้ทางจิตวิทยา) และพบว่า พื้นที่สมองส่วนหน้า (Prefrontal Lobe) เป็นบริเวณที่ระบบประสาททำงานมากกว่าส่วนอื่น ขณะที่เกิดความจำ (ถือเป็นองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์) และมากกว่านั้นยังพบว่า การฝึกด้วยภาระงาน A สามารถยกระดับความจำได้ (ถือเป็นองค์ความรู้ทางการศึกษา) หากมีข้อค้นพบว่า การฝึกด้วยภาระงาน A สามารถพัฒนาพื้นที่สมองส่วนหน้า (และอธิบายกระบวนการทำงานของระบบประสาทได้อย่างถูกต้อง) และสามารถยกระดับความจำได้ จึงถือว่าเป็นองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาการศึกษานั่นเอง สรุปดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การผสานจิตวิทยา การศึกษา และประสาทวิทยาศาสตร์
(ดัดแปลงจาก Feiler and Stabio, 2018)

ประสาทวิทยาการศึกษา บางครั้งถูกเรียกว่าเป็นวิทยาศาสตร์ของการเรียนรู้ (Science of Learning) อันมีจุดเน้นเพื่อผสานหลักวิชาทางวิทยาศาสตร์ จากประสาทวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (Basic Neuroscience) จนสามารถอธิบายสภาพการณ์ทางสังคมต่าง ๆ เช่น จิตวิทยาการรู้คิด (Cognitive Psychology) และวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) จนถึงทฤษฎีทางสังคม (Social Theory) โดยมีเป้าหมายหลักของการศึกษาคือ เพื่อกำหนดและอธิบายวิธีการที่ครูและผู้เรียนสามารถที่จะปรับปรุงประสบการณ์การเรียนรู้นั่นเอง (Jamaludin, Henik and Hale, 2019) และในทางกลับกันองค์ความรู้และงานวิจัยทางจิตวิทยาเชิงพุทธิปัญญา วิทยาการคอมพิวเตอร์ และทฤษฎีทางสังคม ก็อาจสะท้อนผลกลับ หรือตรวจสอบองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ได้อีกเช่นกัน และเป็นวัฏจักรต่อเนื่องกันไป

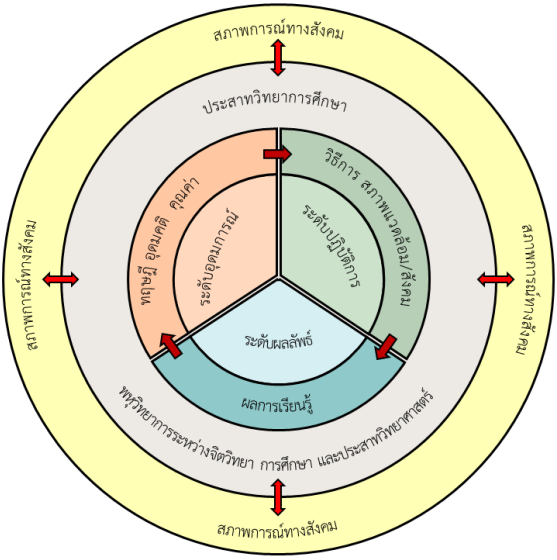
เมื่อพิจารณาตามขอบข่ายความหมายของการศึกษาข้างต้น พบว่าประสาทวิทยาการศึกษาเป็นพหุวิทยาการศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจ และขยายพรมแดนของศาสตร์สาขาวิชาต่าง ๆ มีพรมแดนของศาสตร์วิชาอยู่ 3 ระดับ ได้แก่

ระดับที่ 1 ระดับอุดมการณ์ เป็นกระบวนการนำองค์ความรู้และงานวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยา มาอธิบาย กำหนด หรือสร้างทฤษฎี อุดมคติ และคุณค่าทางการศึกษา หรือปรัชญาการศึกษานั่นเอง อันจะสามารถช่วยกำหนด สรรหาหรือจัดสรร วิธีการหรือสภาพแวดล้อม/สังคม ในระดับปฏิบัติการต่อไป

ระดับที่ 2 ระดับปฏิบัติการ เป็นการนำข้อสรุปจากระดับอุดมการณ์มาพัฒนาวิธีการและสภาพแวดล้อม/สังคม ที่มีประสาทวิทยาการศึกษาเป็นฐาน และอาจตรวจสอบวิธีการและสภาพแวดล้อม/ สังคมที่พัฒนาขึ้นนี้ด้วยวิธีการทางประสาทวิทยาการศึกษา

ระดับที่ 3 ระดับผลลัพธ์ เป็นการศึกษาผลการเรียนรู้อันเกิดขึ้นจากวิธีการ และสภาพแวดล้อม/สังคม และสะท้อนผลกลับไปยังระดับอุดมการณ์ เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

สรุปได้ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ขอบข่ายความหมายของประสาทวิทยาการศึกษา

3. เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท (Neuroimaging)

" The last decade has seen remarkable growth in the use of neuroimaging tools to explore the development of brain structure and function in typically and atypically developing child populations, from infancy through adolescence."

"ช่วงทศวรรษที่ผ่านมา ได้เกิดปรากฏการณ์ความก้าวหน้าอันเป็นที่น่าสนใจในการใช้เครื่องมือภาพถ่ายทางประสาทเพื่อการสำรวจและพัฒนาเกี่ยวกับโครงสร้างของสมองและการทำงานของสมองทั้งในสภาวะปกติและไม่ปกติ ตั้งแต่ทารกจนถึงวัยรุ่น"

(Mareschal, Butterworth and Tolmie, 2014)

ช่วงเกือบ 20 ปีที่ผ่านมา มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท (Neuroimaging) เช่น เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging) เครื่องอีอีจี (EEG: Electroencephalography) เอ็นไอาร์เอส (NIRS: Near–Infrared Spectroscopy) เครื่องเอ็มอาร์ไอ (MRI: Magnetic Resonance Imaging) เป็นต้น โดยเฉพาะเครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) และเครื่องอีอีจี (EEG Tool) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่พบในงานวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้มากกว่านั้นเครื่องอีอีจี (EEG) ยังเป็นเครื่องมือที่สามารถให้ข้อมูลและสารสนเทศเกี่ยวกับคลื่นสมอง (Brain Wave) ชนิดต่างๆ และคลื่นอีอาร์พี (ERP: Event–Related Potential) พร้อมทั้งสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปขยายผลวิเคราะห์ตามแนวคิดประสาทวิทยาเชิงคำนวณ (Computational Neuroscience) เพื่อสร้างแบบจำลองทางทฤษฎีของการทำงานของสมอง เชื่อมต่อองค์ความรู้ระหว่างประสาทวิทยาศาสตร์เชิงทฤษฎีและการทดลอง

เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาทข้างต้นเข้ามามีบทบาทหลักต่อประสาทวิทยาการศึกษา ด้วยเหตุประการที่ว่า สามารถให้ข้อมูลและสารสนเทศเพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับความเปลี่ยนแปลงของสมองในเด็กได้เป็นอย่างดี และสามารถให้ข้อมูลในการทำวิจัยได้อย่างมีความเป็นปรนัย เช่น คลื่นสมองชนิดต่าง ๆ ภาพถ่ายทางสมอง หรือกระบวนการทำงานของระบบประสาท เป็นต้น แต่เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาทก็มีข้อจำกัดบางประการ เช่น มีราคาสูง เครื่องมือวัดบางชนิดมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากก่อความไม่สะดวกในการเคลื่อนย้าย และมีความไวต่อตัวกระตุ้นซึ่งต้องดำเนินการวัดในห้องทดลองที่ได้มาตรฐานเท่านั้น เป็นต้น จึงถูกวิพากษ์ว่าใช้งบประมาณสูงมาก และเป็นไปได้ยากที่จะนำไปใช้ในบริบททางการศึกษาที่ขาดแคลน แต่อย่างไรก็ตามเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาทได้เข้ามามีอิทธิพลต่อกระบวนการวิจัยทั้งในและต่างประเทศ โดยเฉพาะในประเทศไทยนั้นได้มีการประยุกต์ใช้เครื่องเอฟเอ็ม

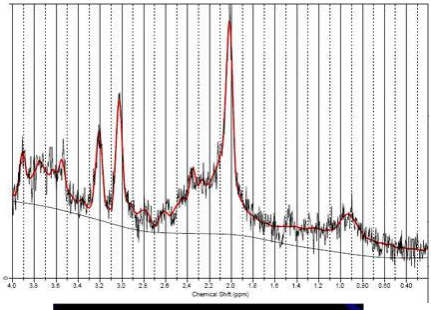
อาร์ไอ (fMRI) และเครื่องอีอีจี (EEG) เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้มากขึ้น และมีแนวโน้มทางการวิจัยเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้เพิ่มมากขึ้นทุกปีอีกด้วย

3.1 เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI)

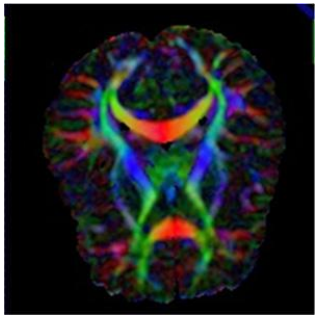
เอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI: Functional Magnetic Resonance Imaging) หรือภาพถ่ายรังสีสมองด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นเทคนิคแบบไม่รุกรานอาสาสมัคร (Non-Invasive Technique) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบประสาท ด้วยการวัดจากปริมาณความแตกต่างของคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของเลือดที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยไปจนถึงปริมาณออกซิเจนสูง ดังภาพที่ 4

ภาพที่ 4 เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) (Specht and Grüner, 2021a)

เอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) เป็นการวัดกิจกรรมทางอ้อมของเซลล์ประสาท ด้วยการวัดจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่สมอง โดยมีสมมติฐานว่ากิจกรรมของระบบประสาทและกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) ของสมองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ ถ้ากิจกรรมของเซลล์ประสาทมีการทำงานหนัก แล้วกระบวนการเมแทบอลิซึมของสมองจะสูงด้วย ในทางตรงกันข้ามหากกิจกรรมของเส้นประสาทมีการทำงานน้อย แล้วกระบวนการเมแทบอลิซึมของสมองจะต่ำ ผลของการใช้เทคนิคเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) จะบอกระดับความเข้มของปริมาณออกซิเจนในแต่ละพื้นที่สมองที่เรียกว่า Blood–Oxygenation–Level–Dependent (BOLD) ตัวอย่างการใช้เทคนิคเอสเอ็มอาร์ไอ (fMRI) ดังภาพที่ 5



ภาพ MR spectroscopy
เป็น ภาพแสดง metabolite spectrum
บริเวณ medial frontal cortex, และ
anterior cingulate.



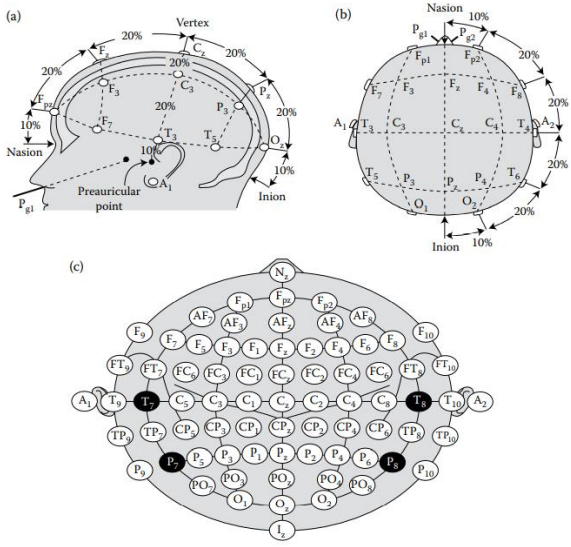
ภาพแสดงรหัสสีใน white matter tracts
แนวขวาง (สีแดง), แนวยาว (สีเขียว) and
แนวนอน (สีน้ำเงิน)

ภาพที่ 5 ตัวอย่างผลที่ได้จากการใช้เครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ
(Specht and Grüner, 2021b)

3.2 เครื่องอีอีจี (EEG)

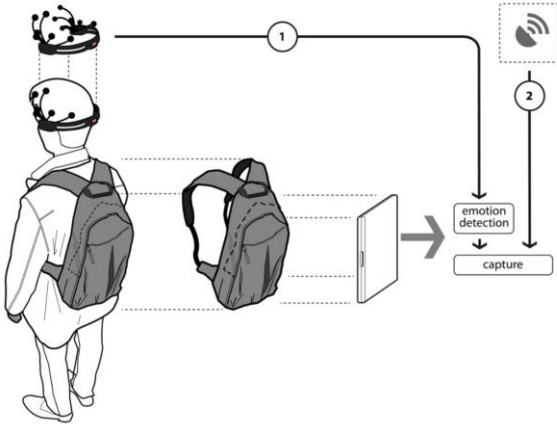
อีอีจี (EEG: Electroencephalography) เป็นเทคนิคแบบไม่รุกรานอาสาสมัคร (Non-Invasive Technique) เช่นเดียวกับเทคนิคเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) เป็นการบันทึกกิจกรรมไฟฟ้าภายในสมอง (Intrinsic Electrical Activity) โดยอ้างอิงจากการแพร่กระจายของแรงกระตุ้นไฟฟ้าไปตามเส้นใยประสาทเมื่อเซลล์ประสาททำงาน คลื่นไฟฟ้าภายในสมองจะถูกวิเคราะห์ในช่วงความถี่ที่สอดคล้องกับสภาวะทางจิตต่าง ๆ เช่น ความถี่แอลฟา (8–13 รอบ/วินาที) จะสัมพันธ์กับสภาวะทางสมองที่ผ่อนคลาย เป็นต้น เครื่องอีอีจี (EEG) จะบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณอีอีจี (EEG) ที่อาจเกิดขึ้นเล็กน้อย และทันทีหลังจากที่นำเสนอสิ่งเร้าซึ่งรับรู้ได้ทันทีจากประสาทสัมผัส หรือทางพุทธิปัญญาหรือจิตใจหรือระบบทางสมองอื่น ๆ

ระบบการบันทึกกิจกรรมไฟฟ้าภายในสมอง (Intrinsic Electrical Activity) อันเป็นที่ยอมรับในระดับมาตรฐานสากลคือ ระบบอิเล็คโทรดแบบ 10–20 (10–20–Electrode System) (Dick, et al, 2014) โดยยึดหลักความสัมพันธ์ของการวัดระหว่างตำแหน่งอิเล็คโทรดและพื้นที่บนหนังศีรษะ ดังภาพที่ 6



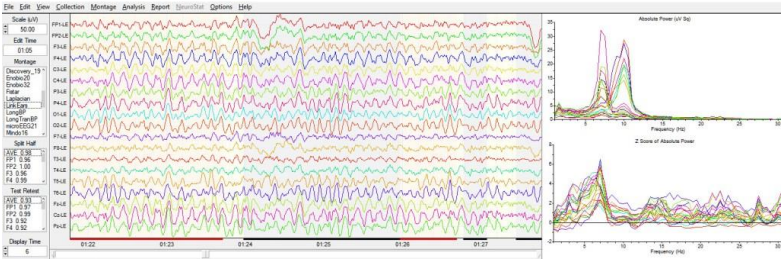
ภาพที่ 6 ระบบอิเล็คโทรดแบบ 10–20 (10–20–Electrode System)
(Kamel and Jatoi, 2018)

ปัจจุบันเครื่องวัดอีอีจีนั้นมีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วจากที่วัดได้เฉพาะพื้นที่ให้ห้องทดลองที่ปราศจากคลื่นรบกวนเท่านั้น จนสามารถวัดได้ทุกพื้นที่ และสามารถวัดขณะเคลื่อนไหวได้ (Aspinall, Mavros, Coyne, and Roe, 2013) ด้วยมีการพัฒนาซอฟแวร์ที่สามารถระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยการเชื่อมต่อ GPS ดังหมายเลข (1) และเก็บข้อมูลคลื่นสัญญาณอีอีจีไว้ใน laptop ดังหมายเลข (2) ในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 Emotiv EPOC และ a low-cost mobile EEG recorder
(Aspinall, Mavros, Coyne, and Roe, 2013: 2)

สัญญาณอีอีจี (EEG) จะสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของการสั่นของเส้นประสาท (Neural Oscillations) ที่เกิดขึ้นในหน่วยมิลลิวินาที ข้อมูลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าวทำให้ได้ คลื่นสัญญาณไฟฟ้าสมองที่เกิดขึ้นแบบทันทีทันใด (Real Time) สามารถนำข้อมูลที่ได้นี้ไปประมวลผล ที่เรียกว่า Brain-Computer Interfaces (BCI) ที่สามารถสร้างภาพทางสมอง จำแนกและสะท้อนผลในลักษณะที่จำเพาะเจาะจงตามสัญญาณที่เก็บรวบรวมมาได้ มากกว่านั้นยังได้คลื่นอีอาร์พี (ERP: Evented-Related Potential) ซึ่งใช้สำหรับศึกษากิจกรรมทางสมองและศึกษาเชื่อมโยงระหว่างประสาทสัมผัส (Sensory) ความใส่ใจ (Attention) และกระบวนการรู้คิด (Cognitive Process) ตัวอย่างผลการบันทึกสัญญาณอีอีจี (EEG) ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ตัวอย่างผลการบันทึกสัญญาณอีอีจี (Bright Brain Centre, 2021)

จากภาพที่ 8 เป็นตัวอย่างผลการบันทึกสัญญาณอีอีจี แนวตั้ง (แกน X) แสดงเวลา และแนวนอน (แกน Y) แสดงแอมพลิจูด (Amplitude) ของคลื่นสัญญาณอีอีจี แต่ละช่องสัญญาณจากตำแหน่งอิเล็คโทรดและบริเวณพื้นที่บนหนังศีรษะ

3.3 คลื่นอีอีจี (EEG)

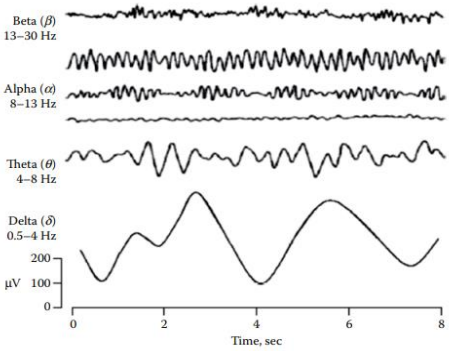
เมื่อเส้นประสาทถูกกระตุ้นจะสร้างสัญญาณไฟฟ้าขึ้นมา ที่เรียกว่า คลื่นสมอง (Brain Waves) และมักถูกเรียกว่าคลื่นอีอีจี (EEG) ความถี่ (Frequency) และความแรง (Voltage) ของคลื่นไฟฟ้าของระบบประสาทที่วัดได้ขึ้นอยู่กับผลรวมของเซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ ถ้าเซลล์ประสาทมีการทำงานเป็นจำนวนมากพร้อมกันและเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันจะส่งผลให้มีความแรงสูงและความถี่ลดลง ในทางตรงข้ามถ้าเส้นประสาทไม่มีการทำงานพร้อมกัน ความแรงก็จะต่ำและมีความถี่สูง สามารถแยกประเภทของคลื่นสมองตามความถี่ต่อวินาทีได้ 4 ประเภท คือ (ราตรี สุดทรวง, 2539)

(1) คลื่นแอลฟา (Alpha Rhythm) พบชัดเจนที่หนังศีรษะบริเวณ Occipital และ Posterior Head Region มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (10–150 มิลลิโวลท์) มีความถี่ 8–13 รอบ/วินาที อาจเรียกว่า EEG Synchronization พบได้ในผู้ถูกวัดที่ปล่อยตัวตามสบาย หรือผ่อนคลาย หลับตา ไม่ได้คิดอะไร และพบได้ชัดเจนดีในเด็กอายุ 6–8 ปี

(2) คลื่นเบต้า (Beta Rhythm) มีความถี่ 14–30 รอบ/วินาที มีความแรงต่ำมากจนบางครั้งไม่สามารถวัดได้ พบได้ชัดที่หนังศีรษะบริเวณ Frontal และ Parietal มีความสัมพันธ์กับการทำงานของ Motor Cortex

(3) คลื่นเทต้า (Theta Rhythm) มีความถี่ 4–7 รอบ/วินาที พบได้ปกติในเด็กและในทุกอายุระหว่างนอนหลับใหม่ ๆ พบได้ชัดที่หนังศีรษะบริเวณ Temporal Lobe และ Parietal Lobe ในเด็ก ส่วนในผู้ใหญ่พบว่ามีความสัมพันธ์กับสภาพทางอารมณ์ (Emotional State) ซึ่งจะพบในผู้ป่วยโรคจิต

(4) คลื่นเดลต้า (Delta Rhythm) ความถี่น้อยกว่า 4 รอบ/วินาที ไม่พบในคนปกติที่ตื่นอยู่ แต่พบได้ในคนนอนหลับปกติและในเด็กทารก เปรียบเทียบลักษณะของคลื่นทั้ง 4 ประเภท ได้ดังภาพที่ 9



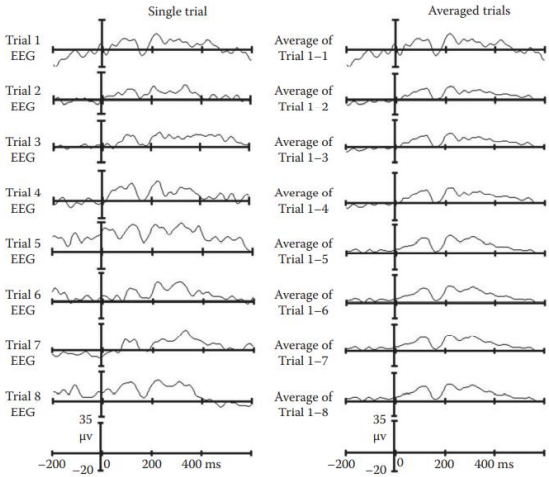
ภาพที่ 9 ชนิดของคลื่นอีอีจี ทั้ง 4 ชนิด (Kamel and Jatoi, 2018)

3.4 สัญญาณอีอาร์พี (ERP)

สัญญาณอีอาร์พี (ERP: Event–Related Potential) หรือศักดิ์ไฟฟ้าที่สำคัญกับเหตุการณ์ เป็นค่าเฉลี่ย (Average) ของสัญญาณอีอีจี (EEG Signal) ในแต่ละช่วงเวลา นั่นคือเป็นค่าเฉลี่ยของอีอีจี (EEG) ที่ระบุช่วงเวลา (Time–Locked EEG Activity) เมื่อมีการตอบสนองในแต่ละตัวกระตุ้น (Mareschal, Butterworth and Tolmie, 2014) นั่นคือ สัญญาณอีอาร์พี เป็นค่าวัดระยะการสื่อสารหรือระยะการแปลผลในสมอง โดยมีการออกแบบการทดลองทางจิตวิทยา ที่มีการนำเสนอลำดับของสิ่งเร้าที่ซ้ำ ๆ กัน และมีการนำเสนอสิ่งเร้าที่เป็นตัวลวง หรือถูกขัดจังหวะด้วยสิ่งเร้าที่เบี่ยงเบน และมีการบันทึกในคลื่นสัญญาณอีอาร์พีด้วยช่วงความถี่ต่าง ๆ กัน เรียกว่า Oddball Paradigm (Duszyk, et al., 2019) เช่น N1 หรือ N100 เป็นคลื่นสมองที่มีจุดสูงสุดทางลบที่เกิดขึ้นประมาณ 80–130 มิลลิวินาที หลังการได้รับการกระตุ้น พบเมื่อมี

การเกิดขึ้นของสิ่งเร้าที่ไม่คาดหวัง เป็นการเตรียมการตอบสนองต่อสิ่งเร้าเป้าหมาย และ P1 หรือ P100 เป็นคลื่นสมองที่มีจุดสูงสุดทางบวกที่เกิดขึ้นประมาณ 80–120 มิลลิวินาที หลังการได้รับการกระตุ้น แสดงถึงความใส่ใจของผู้ถูกวัดที่มีต่อสิ่งเร้า มากกว่านั้นยังมี P2 หรือ P200 เป็นคลื่นสมองที่มีจุดสูงสุดทางบวก เกิดขึ้นประมาณ 100–250 มิลลิวินทีหลังได้รับการกระตุ้นของสิ่งเร้า เป็นตัวชี้วัดระดับความใส่ใจ รวมถึงกระบวนการลงรหัส (encoding) ของความจำขณะทำงาน (Working Memory) อีกทั้งมี P3 หรือ P300 เป็นคลื่นสมองที่มีจุดสูงสุดไปทางบวก เกิดขึ้นประมาณ 300–650 มิลลิวินาที หลังจากได้รับการกระตุ้นด้วยสิ่งเร้า เป็นดัชนีแสดงถึงการประมวลผลความใส่ใจ และความต้องการของความจำขณะทำงาน เป็นต้น เทคนิคการหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณอีอาร์พี (ERP Signal) มี 2 ระยะ ได้แก่ (Kamel and Malik, 2015)

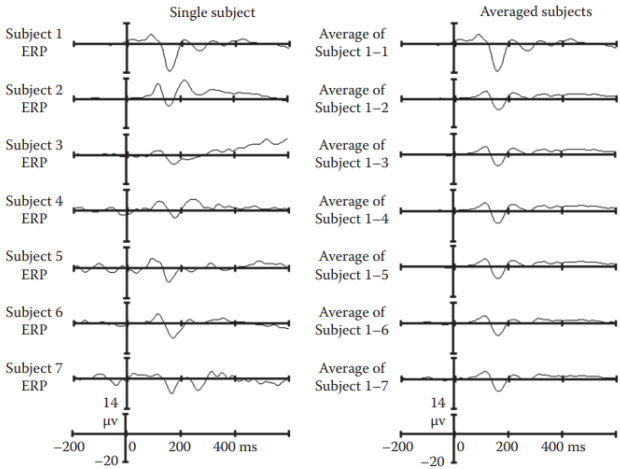
ระยะที่ 1 การหาค่าเฉลี่ยภายในอาสาสมัคร (Average within Subject) เนื่องจากว่าสัญญาณอีอีจี และสัญญาณอีอาร์พีในแต่ละการทดลอง (Trials) จะถูกเฉลี่ยแยกกัน ในแต่ละเงื่อนไขการทดลองและสำหรับอาสาสมัครแต่ละคน ในขั้นตอนนี้เราจะได้ไฟล์เฉลี่ย (Averaged File) วิธีการนี้จะแยกสัญญาณอีอาร์พี ออกจากสัญญาณอีอีจี ซึ่งสัญญาณอีอีจีมักมีขนาดใหญ่กว่าสัญญาณอีอาร์พีและสัญญาณอีอาร์พีจะอยู่ภายในสัญญาณอีอีจี แม้ว่าสัญญาณอีอีจีในแต่ละการทดลองจะถูกกรอง (Filter) ตรวจจับสิ่งแทรกแซง (Artifact Detection) และการแทนที่ช่องไม่ดี (Bad Channel Replacement) กระบวนการเหล่านี้จะช่วยกำจัดสิ่งแทรกแซง (Noise) และสิ่งแปลกปลอม (Artifact) จากแหล่งกำเนิดสัญญาณอื่น ๆ ซึ่งทำให้ยากต่อการวิเคราะห์สัญญาณอีอาร์พี ดังนั้นในแต่ละการทดลองจะถูกระบุช่วงเวลา ที่สอดคล้องกับสิ่งเร้า จะทำให้สามารถเฉลี่ยสัญญาณอีอาร์พีแบบจุดต่อจุด และง่ายต่อการเฉลี่ยสัญญาณอีอาร์พี ตัวอย่างดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ตัวอย่างสัญญาณอีอาร์พีจากการค่าเฉลี่ยภายในอาสาสมัคร (Kamel and Malik, 2015)

จากภาพที่ 10 แนวตั้ง (แกน X) แสดงเวลา และแนวนอน (แกน Y) แสดงแอมพลิจูด (Amplitude) ของคลื่นสัญญาณสัญญาณอีอาร์พี คอลัมน์ด้านซ้ายเป็นภาพสัญญาณอีอีจี ที่ถูกกรอง ตรวจจับสิ่งแทรกแซง และการแทนที่ช่องไม่ดีเรียบร้อยแล้ว คอลัมน์ด้านขวาแสดงผลของค่าเฉลี่ยจากการทดลองที่ 1 จนถึงการทดลองที่ 8

ระยะที่ 2 การหาค่าเฉลี่ยระหว่างอาสาสมัคร (Average between Subjects) ขั้นตอนนี้ไฟล์เฉลี่ยของแต่ละคนจะถูกนำมาเฉลี่ยเป็นไฟล์เดียวกัน เรียกว่า ไฟล์เฉลี่ยรวม (Grand Average File) ดังนั้น รูปแบบของคลื่นอีอาร์พี (ERP Waveform) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการนี้จึงเป็นรูปแบบของคลื่นอีอาร์พีเฉลี่ยรวม (Grand Average ERP Waveform) ตัวอย่างดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 ตัวอย่างสัญญาณอีอาร์พีจากการค่าเฉลี่ยระหว่างอาสาสมัคร (Kamel and Malik, 2015)

จากภาพที่ 11 คอลัมน์ซ้าย แสดงค่าเฉลี่ยอีอาร์พีในอาสาสมัครแต่ละคน คอลัมน์ขวาแสดงสัญญาณเฉลี่ย จากอาสาสมัครคนที่หนึ่งถึงคนที่เจ็ด

3.5 การประยุกต์เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาททางการศึกษา

แนวทางการประยุกต์เทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาททางการศึกษา มีดังนี้

(1) การวินิจฉัยความผิดปกติทางระบบประสาทเบื้องต้น

ด้วยเหตุประการที่ว่าหน้าที่ในการจัดการเรียนรู้ของครูนั้น จะเกี่ยวข้องกับผู้เรียนตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการเรียนรู้ ทำให้บทบาทหน้าที่ในการทำงานในวิชาชีพครูนั้นจะหลีกเลี่ยง การดูแลสุขภาวะของผู้เรียนนั้นหาเสียไม่ได้ สำหรับการจัดการศึกษาที่ผ่านมาระบบการศึกษามักใช้ แบบประเมินพฤติกรรมต่าง ๆ เพื่อคัดกรองความผิดปกติทางการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น นักเรียนที่มีความบกพร่องทางอารมณ์ นักเรียนที่เรียนรู้ช้า นักเรียนที่มีความบกพร่องทางด้านความจำ เป็นต้น ถ้าหากในสถานศึกษามีเครื่องมือเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท ก็จะสามารถคัดกรองผู้เรียนได้อย่างแม่นยำมากขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดของวรสิทธิ์ ศิริพรพาณิชย์ (2556: 4) กล่าวว่า ปัจจุบันการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นวิธีการหนึ่งที่

สามารถใช้ประเมินการทำงานของสมองเด็กได้ การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองในเชิงปริมาณแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคลื่นอัลฟ่า และคลื่นแกมมาในขณะที่บุคคลกำลังมีความตั้งใจจดจ่อ การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการประเมินระดับของความตั้งใจจดจ่อในมนุษย์ได้อย่างละเอียด เพราะเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจริงในสมองรวมถึงยังสามารถใช้ศึกษาทั้งในภาวะความบกพร่องและการพัฒนาความสามารถด้านความตั้งใจจดจ่อได้อีกด้วย

(2) การขยายองค์ความรู้เดิม

ความรู้ทางการศึกษา เช่น ปรัชญาการศึกษา จิตวิทยาการศึกษา และทฤษฎีการศึกษา เป็นต้น โดยส่วนมากแล้วมักอ้างอิงมาจากงานวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์ อาจไม่ได้ระบุเกี่ยวกับองค์ความรู้ระดับโมเลกุล และวงจรระบบประสาทและตำแหน่งของสมองที่เกิดกระบวนการเรียนรู้ในหน้าที่ (Function) ต่าง ๆ สอดคล้องกับแนวคิดของนักปรัชญาหลายท่านที่มีแนวคิดจะนำองค์ความรู้ทางประสาทวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียนให้มีความชัดเจนมากขึ้น เช่น Anderson (2007) ได้นำผลการวิจัยจากการใช้เทคโนโลยีภาพถ่ายทางสมองของเครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) เพื่อขยายทฤษฎีทางการศึกษา เป็นต้น

(3) การตรวจสอบนวัตกรรมทางการศึกษา

นวัตกรรมทางการศึกษานั้น หมายถึง สิ่งที่เกิดขึ้นใหม่เพื่อใช้ทางการศึกษาอาจเป็นแนวคิด ทฤษฎี กระบวนการ เทคนิคการสอน วิธีการสอน แบบประเมิน สื่อการเรียนรู้ แบบทดสอบ หรือแบบวัดต่าง ๆ เป็นต้น เทคโนโลยีภาพถ่ายทางสมองสามารถนำมาใช้เพื่อตรวจสอบนวัตกรรมทางการศึกษาได้ ด้วยการนำ นวัตกรรมทางการศึกษาเหล่านั้น มาตรวจสอบด้วยเทคโนโลยีภาพถ่ายทางสมอง ตัวอย่างเช่น ทัศนีย์ บุญเติม และคณะ (2558) ได้ทำการพัฒนาซอฟต์แวร์แบบวัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทยด้านความตั้งใจและความจำขณะทำงาน ซึ่งใช้โปรแกรม E-Prime ในการพัฒนาแบบวัดเหล่านี้ และได้ใช้เครื่องอีอีจี (EEG) เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเวลาในการตอบสนอง (Latency) และค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด (Amplitude) ของคลื่นอีอาร์พี (ERP) จำนวน 3 คลื่น ได้แก่ N100 เพื่อวัดความตั้งใจ และ P200 , P300 เพื่อวัดความจำขณะทำงานที่ตำแหน่งอิเล็กโทรด Fz, Cz และ Pz ของภาระงาน (task) ระหว่างโปรแกรม E-Prime และโปรแกรม STIM (เป็นโปรแกรมสร้างภาระงานในเครื่องอีอีจี) พบว่า ทั้งเวลาในการตอบสนอง และค่าเฉลี่ยแอมพลิจูด ไม่มีความแตกต่างกัน นั่นคือสามารถใช้โปรแกรม E-Prime แทนโปรแกรม STIM ในบริบทสถานศึกษาจริงได้

(4) การสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาที่ใช้ประสาทวิทยาการศึกษาเป็นฐาน

ปัจจุบันนี้เป็นที่ยอมรับว่าจำนวนองค์ความรู้และงานวิจัยทางประสาทวิทยาการศึกษานั้น มีจำนวนเพิ่มมากขึ้น และมีอิทธิพลต่อแวดวงทางการศึกษามากขึ้นเรื่อย ๆ เป็นประโยชน์ต่อนักการศึกษาเป็นอย่างมาก ด้วยเหตุประการที่ว่าสามารถนำองค์ความรู้และงานวิจัยเหล่านี้มาสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาได้ เช่น ศานิตย์ ศรีคุณ (2562) และศานิตย์ ศรีคุณ (2563ก) ได้พัฒนาซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญา: ความตั้งใจและความจำขณะทำงาน โดยใช้กรอบทฤษฎี ของทัศนีย์ บุญเติม และคณะ (2558) มากกว่านั้นพบว่า สามารถนำองค์ความรู้ และงานวิจัยทางประสาทวิทยาการศึกษา มาใช้เพื่อพัฒนารูปแบบการสอนได้อีกด้วย เช่น ศานิตย์ ศรีคุณ (2563ข) ได้พัฒนารูปแบบการสอนที่เน้นการฝึกความจำขณะทำงานโดยใช้ประสาทวิทยศึกษาศาสตร์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถเชิงพุทธิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน สุดาพร ติ๊บปาละ และ ศานิตย์ ศรีคุณ (2565) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการฝึกเชิงพุทธิปัญญา อีกทั้งยังพบว่ามีการพัฒนานวัตกรรมที่เป็น Computerized Training Program เพื่อฝึกความจำขณะทำงาน เช่น งานวิจัยของ Klingberg, Forssberg, Westerberg (2002) ได้พัฒนา Computerized Training Program จำนวน 4 ภาระงาน ได้แก่ Visuo–Spatial Working Memory task, Backwards Digit–Span, Letter–Span Task และ Choice Reaction Time Task เป็นต้น อีกด้วย

บทสรุป

ความก้าวหน้าของวิทยาการวิจัยทางประสาทวิทยาศาสตร์ได้เพิ่มจำนวนงานวิจัยขึ้นอย่างรวดเร็วและขยายอาณาบริเวณพื้นที่ความรู้สู่ศาสตร์วิชาอื่น เพื่อเติมเต็มให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ด้วยเหตุดังกล่าว “ประสาทวิทยาการศึกษา” จึงบังเกิดขึ้นจากการผสานกันระหว่าง 3 ศาสตร์วิชา ได้แก่ จิตตวิทยา การศึกษา และประสาทวิทยาศาสตร์ การประสานอย่างกลมกลืนดังกล่าว เกิดขึ้นทั้งระดับอุดมการณ์ ได้แก่ ทฤษฎี อุดมคติ และคุณค่า อันเป็นการผสานศาสตร์วิชา และระดับปฏิบัติการ ได้แก่ วิธีการ และสภาพแวดล้อม/สังคม รวมทั้งระดับผลลัพธ์ ซึ่งก็คือผลการเรียนรู้ของผู้เรียนนั่นเอง จนเกิดองค์ความรู้ที่สามารถอธิบาย สภาพการณ์ทางสังคม และในทางกลับกัน สภาพการณ์ทางสังคมก็สามารถตรวจสอบองค์ความรู้ทาง ประสาทวิทยาการศึกษาได้เฉกเช่นเดียวกัน

วิวัฒนาการและความเจริญก้าวหน้าของเทคโนโลยีภาพถ่ายทางประสาท โดยเฉพาะเครื่องเอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) และเครื่องอีอีจี (EEG) ได้กลายเป็นเครื่องมือเพื่อศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน และมีทิศทางแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในยุคนี้

เอฟเอ็มอาร์ไอ (fMRI) สามารถใช้เพื่อศึกษากระบวนการทำงานของระบบประสาท ด้วยการวัดจากปริมาณความแตกต่างของคุณสมบัติทางแม่เหล็กไฟฟ้าของเลือด และเครื่องอีอีจี (EEG) เป็นการบันทึกกิจกรรมไฟฟ้าภายในสมอง ซึ่งสามารถให้ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ได้แก่ คลื่นอีอีจี (EEG) และสัญญาณอีอาร์พี (ERP)

คลื่นอีอีจี (EEG) เป็นคลื่นไฟฟ้าสมองของระบบประสาทวัดได้จากผลรวมของคลื่นไฟฟ้าสมองของแต่ละเซลล์ประสาท มีจำนวน 4 ประเภท ได้แก่ คลื่นแอลฟา คลื่นเบต้า คลื่นเทต้า และคลื่นเดลต้า

สัญญาณอีอาร์พี (ERP) เป็นค่าเฉลี่ยของสัญญาณอีอีจีในแต่ละช่วงเวลา มีกระบวนการหาค่าเฉลี่ยของสัญญาณอีอาร์พีได้ 2 ระยะ ได้แก่ ระยะแรกเป็นการหาค่าเฉลี่ยภายในอาสาสมัคร และระยะที่สองเป็นการหาค่าเฉลี่ยระหว่างอาสาสมัคร

เทคโนโลยีภาพถ่ายทางการศึกษาสามารถประยุกต์ใช้ในงานทางการศึกษา ดังนี้ การวินิจฉัยความผิดปกติทางระบบประสาทเบื้องต้น การขยายองค์ความรู้เดิม การตรวจสอบนวัตกรรมทางการศึกษา และการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาที่ใช้ประสาทวิทยาการศึกษาเป็นฐาน

จากวิวัฒนาการของประสาทวิทยาการศึกษาข้างต้นจึงส่งผลต่อทิศทางการวิจัยในอนาคตทางการศึกษา ได้แก่ การวินิจฉัยความผิดปกติทางระบบประสาทเบื้องต้น การขยายองค์ความรู้เดิม การตรวจสอบนวัตกรรมทางการศึกษา และการสร้างนวัตกรรมทางการศึกษาที่ใช้ประสาทวิทยาการศึกษาเป็นฐานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

เกศราพรรณ คงเจริญ. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเสริมสร้างสมรรถภาพการสอนตามแนวคิดการฝึกหัดทางปัญญาสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, 4**(3), 12–27.

จตุภูมิ เขตจัตุรัส, ทัศนีย์ บุญเติม, จินตนาภรณ์ วัฒนธร. (2558). **การสังเคราะห์องค์ความรู้เกี่ยวกับเครื่องมือวัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญา.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ทัศนีย์ บุญเติม, จักรกฤษณ์ สำราญใจ, จุติมา เมทนีธร, .จินตนาภรณ์ วัฒนธร, .สุภาพร มัชฌิมะปุระ, ปณคพร วรรณานนท์, สุวิทย์ อุปสัย, ศานิตย์ ศรีคุณ และ ศิริพร วีระชัย รัตนา. (2558). **การพัฒนาซอฟต์แวร์วัดสมรรถนะสมองด้านพุทธิปัญญาฉบับภาษาไทย ด้านความตั้งใจ และ ความจำขณะทำงาน.** ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ราตรี สุดทรวง. (2539). **ประสาทสรีรวิทยา** (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วรสิทธิ์ ศิริพรพาณิชย์. (2556). การประเมินความตั้งใจจดจ่อด้วยการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองและการประยุกต์ใช้ในเด็กที่เป็นโรคซนสมาธิสั้น. **วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ, 20**(1), 4–12.

วิทย์ วิศทเวทย์. (2544). **ปรัชญาการศึกษาไทย 2411–2545.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศานิตย์ ศรีคุณ. (2562). การตรวจสอบความตรงเชิงทฤษฎีของซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติความถูกต้อง. **วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 42**(4), 103–117.

ศานิตย์ ศรีคุณ. (2563). การตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างของซอฟแวร์แบบวัดความสามารถเชิงพุทธิปัญญาในมิติเวลา ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. **วารสารปัญญาภิวัฒน์, 12**(3), 229–243.

ศานิตย์ ศรีคุณ. (2563ข). การพัฒนารูปแบบการสอนที่เน้นการฝึกความจำขณะทำงานโดยใช้ประสาทวิทยศึกษาศาสตร์เป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถเชิงพุทธิปัญญาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน. **วารสารมนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครพนม, 10**(3), 105–114.

สุดาพร ติ๊บปาละ และศานิตย์ ศรีคุณ. (2565). ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้วิธีการแบบเปิดร่วมกับการฝึกเชิงพุทธิปัญญาเพื่อเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวังเหนือวิทยา จังหวัดลำปาง. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา, 10**(1), 61–85.

ส. ศิวรักษ์. (2516). **ปรัชญาการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ เคล็ดไทย.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2542). **พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542.** กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2554). **พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554.** สืบค้น 24 สิงหาคม 2564, จาก https://dictionary.orst.go.th/index.php.

Anderson, M. (2007). The Massive Redevelopment Hypothesis and Functional Topography of the Brain. **Philosophical Psychology, 20**(2), 144–149.

Bright Brain Centre. (2021). **EEG and Brain Waves.** Retrieved September 7, 2021, from https://www.brightbraincentre.co.uk/electroencephalogram–eeg–brainwaves/.

Aspinall, P., Mavros, P., Coyne, R., and Roe, J. (2013). The urban brain: analysing outdoor physical activity with mobile EEG. **British Journal of Sports Medicine, 49**(4), 272–276.

Byrnes, J.P. and Vu, L.T. (2015). Educational Neuroscience: Definitional, Methodological, and Interpretive Issues. **WIREs Cogn Sci, 6**(1), 221–234.

Cambridge University. (2021). **Cambridge Dictionary.** Retrieved August 24, 2021, from https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/neuroscience.

Dick, F., Lloyd–Fox, S., Blasi, A., Elwell, C. and Mill, D. (Mareschal, D., Butterworth, B. and Tolmie, A., Editor). (2014). Neuroimaging Methods. **Educational Neuroscience.** United Kingdom: Jonhn Wiley & Sons, Ltd.

Duszyk, A., Dovgialo, M., Pietrzak, M., Zieleniewska, M., and Durka, P. (2019). Event–Related Potentials in the Odd–Ball Paradigm and Behavioral Scales for the Assessment of Children and Adolescents with Disorders of Consciousness: A Proof of Concept Study. **The Clinical Neuropsychologist, 33**(6031), 1–19.

Feiler, J.B. and Stabio, M.E. (2018). Three Pillars of Educational Neuroscience from Three Decades of Literature**. Trends in Neuroscience and Education, 13**(1), 17–25.

Goswani, U. (2004). Neuroscience and Education. **British Journal of Educational Psychology, 74**(1), 1–14.

Jamaludin, A., Henik, A. and Hale, J.B. (2019). Educational Neuroscience: Bridging Theory and Practice. **Learning and Research Practice, 5**(2), 939–998.

Kamel, N. and Jatoi, M.A. (2018). **Brain Source Localization Using EEG Signal Analysis**. New York: Taylor & Francis Group.

Kamel, N. and Malik, A.S. (2015). **EEG/ERP Analysis: Method and Applications**. New York: Taylor & Francis Group.

Klingberg, T., Forssberg, H., Westerberg, H. (2002). Training of Working Memory in Children With ADHD. **Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology (Neuropsychology, Development and Cognition: Section A), 24**(6), 781–791.

Mareschal, D., Butterworth, B. and Tolmie, A. (2014). **Educational Neuroscience.** United Kingdom: John Wiley & Sons.

Specht, K. and Grüner, R. (2021a). **Bergen fMRI Group.** Retrieved September 7, 2021, form https://www.uib.no/en/rg/fmri.

Specht, K. and Grüner, R. (2021b). **Bergen fMRI Group.** Retrieved September 7, 2021, form https://www.uib.no/en/rg/fmri/108133/methodology#functional–magnetic–resonance–imaging–nbsp–fmri–nbsp–.