

รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง

A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based task and machine learning

พีร วงศ์อุปราช

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2565

รายงานการวิจัยและนวัตกรรมฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง

A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based task and machine learning

พีร วงศ์อุปราช

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2563

ปีที่พิมพ์ พ.ศ. 2565

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรมจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

ประจำปีงบประมาณ 2563

บทสรุปผู้บริหาร

ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Mild cognitive impairment: MCI) ถือเป็นอาการเริ่มต้นก่อนที่จะพัฒนาไปเป็นภาวะสมองเสื่อมภายในอีก 9 ปีต่อมา ภาวะสมองเสื่อม ถือเป็นกลุ่มอาการที่บกพร่องหลายด้าน กระทบต่อความใส่ใจ การรับรู้ การประมวลผลข้อมูล ความจำ ภาษา และพฤติกรรม ซึ่งความบกพร่องเหล่านี้ส่งผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุและผู้ดูแลเป็นอย่างมากและอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ด้วยเหตุนี้การคัดกรองเพื่อชะลอหรือป้องกันการดำเนินโรคไปสู่ภาวะสมองเสื่อมจึงได้รับความสนใจ และเห็นความสำคัญ อย่างไรก็ตามเครื่องมือคัดกรองที่ใช้ในต่างประเทศและในประเทศมีข้อจำกัดสำคัญหลายประการ ได้แก่ ยังไม่มีแบบคัดกรอง MCI ใดที่ใช้การบูรณาการพหุประสาทเป็นฐานคิด ซึ่งการบูรณาการพหุประสาทนี้สอดคล้องกับการใช้ชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ยังไม่มีแบบคัดกรอง MCI ที่วัดกลไกบกพร่องพื้นฐานที่เสื่อมและพบในผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกทั้งแบบความจำเสื่อมเด่น และอาการอื่นเด่นก็ตาม ยังไม่พบแบบคัดกรอง MCI ทางคอมพิวเตอร์ในประเทศไทยที่คำนึงถึงความหลากหลายของพารามิเตอร์ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองประเภทต่างๆ ยังไม่มีแบบคัดกรอง MCI ที่เหมาะกับผู้สูงอายุในชุมชนที่มีระดับการศึกษาต่ำ ยังไม่มีแบบคัดกรอง MCI ที่สามารถใช้ร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้ และยังไม่มีแบบคัดกรอง MCI ที่ผนวกเทคโนโลยีขึ้นสูง เช่น การเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อใช้ในการวิเคราห์และแปลผลการคัดกรอง

งานวิจัยนี้จึงประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์ 3 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์แบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทสำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุไทยในชุมชน (2) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์เหตุการณ์ขณะทำโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติกับเสี่ยง MCI และ (3) เพื่อทดสอบความตรงและความเที่ยงของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุในชุมชนเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ จำนวน 120 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุปกติ จำนวน 60 คนและผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองผู้สูงอายุ ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป (ระดับการศึกษา เพศ อายุ ความถนัดของมือ จำนวนมื้ออาหารที่รับประทานแต่ละวัน โรคประจำตัว ประวัติอุบัติเหตุทางสมองและทางจิตเวช การมองเห็น และการได้ยิน) แบบประเมินสายตาระยะใกล้ เครื่องทดสอบการได้ยิน แบบประเมินความถนัดการใช้มือขวา และแบบประเมินภาวะซึมเศร้า และเครื่องมือที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุเป็นกลุ่มปกติและกลุ่มเสี่ยง MCI ได้แก่ แบบทดสอบสภาพสมองเบื้อง

ต้นฉบับภาษาไทย แบบสอบถามความจำรำพัน หรือแบบสอบถามภาวะหลงลืมประเมินตนเอง แบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน และแบบประเมินกิจวัตรที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย

การวิเคราะห์ข้อมูลของการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรพื้นฐาน ข้อมูลพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม ข้อมูลพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากการทำกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 (กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท) ของโปรแกรมคัดกรองฯ (2) สถิติทดสอบความแตกต่างที่คำนึงถึงตัวแปรร่วม (อายุ) เพื่อทดสอบความแตกต่างของตัวแปรพื้นฐาน ข้อมูลพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองประเภทต่างๆ ระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI และ (3) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแม่นยำในการจำแนก ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่อง รวมถึงการทดสอบความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 กิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น

กระบวนการพัฒนาโปรแกรมคัดกรองฯ ทั้งหมด สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะออกแบบกิจกรรมทดสอบและทดสอบนำร่องกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุในชุมชน (2) ระยะเก็บข้อมูลและทดสอบความแตกต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรมคัดกรองฯ กับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จำนวนทั้งหมด 120 คน ทดสอบความตรง ความเที่ยง และความแม่นยำในการจำแนก และ (3) ระยะสร้างโปรแกรมคัดกรองทั้งในส่วนวิเคราะห์ความต้องการของโปรแกรมฯ การออกแบบโปรแกรมฯ การเขียนโปรแกรมฯ และการทดสอบโปรแกรมฯ รวมทั้งการออกแบบคู่มือการใช้ ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 ของโปรแกรมคัดกรองฯ พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความเสื่อมมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติในเรื่องความสามารถในการมองเห็นทั้งในเงื่อนไขทั่วไปและซับซ้อน รวมถึงตอบสนองช้ากว่าอีกด้วย ต่อมาเมื่อพิจารณาผลการทดสอบการได้ยิน พบว่าเมื่อสิ่งเร้าเสียงมีความซับซ้อน ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ตอบสนองช้ากว่าผู้สูงอายุปกติเช่นกัน สุดท้ายเมื่อพิจารณาผลการทดสอบบูรณาการพหุประสาท ซึ่งผู้สูงอายุต้องพิจารณาข้อมูลพร้อมกันทั้งภาพและเสียง โดยบางครั้งปรากฏในทิศทางเดียวกัน แต่บางครั้งปรากฏในทิศทางตรงกันข้าม พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความบกพร่องมากกว่าผู้สูงอายุปกติทั้งในเงื่อนไขทั่วไปและซับซ้อน รวมถึงความเร็วในการตอบเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างสิ่งเร้าเสียงกับภาพ ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ประมวลผลสิ่งเร้าทั้งสองใช้ความเร็วแตกต่างกันมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ สุดท้ายผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้เวลาประมวลผลภาพอย่างเดียวน้อยกว่าภาพและเสียงพร้อมกันน้อยกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการจัดสรรความใส่ใจที่จำกัดของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งพลังงานสัมพัทธ์และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้พลังงานในการประมวลผลข้อมูลมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ โดยเฉพาะคลื่นไฟฟ้าความถี่สูงย่าน Beta ที่สัมพันธ์กับกระบวนการผนวกหรือบูรณาการข้อมูลพหุของสมอง ส่วนผลการวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่แบ่งองค์ประกอบการวิเคราะห์การประมวลผลของสมองเป็นลำดับทั้งในระดับต้นและปลาย (Early and late cognitive processing) พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้พลังงานของสมอง (ความโด่ง) ต่ำกว่าผู้สูงอายุปกติในช่วงการประมวลผลตอนต้น หรือองค์ประกอบ P200 ณ สมองส่วนหน้าฝั่งซ้าย ขวา และตรงกลาง อย่างไรก็ตามกลับไม่พบความแตกต่างของการใช้พลังงานของสมอง ณ ช่วงการประมวลผลตอนปลาย หรือองค์ประกอบ NSW ซึ่งสามารถตีความได้ว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความบกพร่องของทั้งระบบการจับคู่สิ่งเร้าพหุ (Cognitive matching system) และการเปิดรับสิ่งเร้าพหุ (Sensory gating) โดยข้อค้นพบนี้จะมีประโยชน์สำหรับการออกแบบวิธีป้องกันหรือบำบัดรักษาผู้สูงอายุกลุ่มนี้ต่อไป รวมถึงอาจเป็นประโยชน์เป็นข้อมูลประกอบการวินิจฉัยทางการแพทย์ต่อไป

ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำในการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีข้อมูลนำเข้าทั้งในเชิงพฤติกรรม พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสานของโปรแกรมคัดกรองฯ ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อมูลพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ออกจากกลุ่มปกติได้มากที่สุด คือ 90% มีค่าความไว และความจำเพาะ เท่ากับ 1.00 และ .82 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ข้อมูลพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งมีความแม่นยำในการจำแนกเท่ากับ 76.67% มีค่าความไว และความจำเพาะเท่ากับ .85 และ .71 ตามลำดับ สุดท้ายได้แก่ ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ มีความแม่นยำในการจำแนกเท่ากับ 56.67% มีค่าความไว และความจำเพาะ เท่ากับ .62 และ .53 ตามลำดับ

ประการสุดท้าย ข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยถูกนำไปสร้างเป็นโปรแกรมคัดกรองฯ โดยโปรแกรมคัดกรองที่สร้างขึ้นนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 แบบและใช้เวลาคัดกรอง MCI ต่อคนน้อยกว่า 15 นาที การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลใช้ขั้นตอนวิธีแบบ Neural network ซึ่งสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ได้แม่นยำกว่า 90% และมีความเที่ยงสูงมากเช่นกัน รวมถึงสามารถใช้ร่วมการเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองแบบพกพา ซึ่งจะทำให้ได้พารามิเตอร์สำหรับแปลผลการคัดกรองหรือติดตามคนไข้อย่างหลากหลาย ตัวโปรแกรมคัดกรองฯ สามารถบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลได้เป็นจำนวนมากขึ้นอยู่กับความจุของคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้ง ณ สถานพยาบาลที่นำไปใช้ นวัตกรรมนี้จึงสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในที่ตั้งและในชุมชนทั้งในเมืองและท้องถิ่นห่างไกล รวมถึงสามารถรายงานผลได้ทันทีหลังคัดกรองเสร็จ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการป้องกันหรือส่งต่อเพื่อวินิจฉัย รวมถึงการวางแผนการรักษาและติดตามผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ต่อไป

บทคัดย่อ

ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกถือปัญหาที่พบได้ทั่วไปในผู้สูงอายุ แบบคัดกรองกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกของผู้สูงอายุในปัจจุบันมักเป็นแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมฉบับกระชับ ซึ่งยังขาดความเฉพาะเจาะจงสำหรับการประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในหลายบริบทและพื้นที่ นอกจากนี้ ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่พิจารณาเรื่องการบูรณาพหุประสาทเป็นฐานคิด รวมถึงใช้คลื่นไฟฟ้าสมองและขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบต่างๆ งานวิจัยนี้จึงมุ่งสร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทที่ผนวกทั้งคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง และมุ่งทดสอบค่าคุณสมบัติทางจิต (ได้แก่ ความเที่ยงและความตรง) ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โปรแกรมนี้ถูกใช้คัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุในชุมชนจำนวน 120 คน และตัวโปรแกรมประกอบด้วยกิจกรรมทดสอบ 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมทดสอบทางการมอง การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท กลุ่มตัวอย่างในโครงการวิจัยนี้ แบ่งออกเป็น ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจำนวน 60 คน และผู้สูงอายุกลุ่มปกติจำนวน 60 คน สถิติที่ใช้ในการทดสอบความเที่ยงและความตรง ได้แก่ ค่า Cronbach's alpha และขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง 4 แบบ (ได้แก่ แบบ random forest แบบ linear support vector classification แบบ k-nearest neighbors และ แบบ neural network) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองจากกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 มีความเที่ยงในระดับสูงมาก (>.90) นอกจากนี้พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มได้ดีกว่าพารามิเตอร์เชิงคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองแบบ (พลังงงานสัมพัทธ์และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์) พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกออกจากกลุ่มปกติได้แม่นยำร้อยละ 90 ขณะที่พลังงานสัมพัทธ์แม่นยำร้อยละ 76.67 และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์แม่นยำร้อยละ 56.67 สุดท้ายโปรแกรมคัดกรองฯ ที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมทดสอบ ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า 15 นาที โดยโปรแกรมคัดกรองฯ ใช้ขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเครื่องแบบ neural network ในการแปลผลคะแนน และยังสามารถใช้ร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การบูรณาการพหุประสาท โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก คลื่นไฟฟ้าสมอง ขั้นตอนวิธีการเขียนรู้ของเครื่อง

Abstract

Mild cognitive impairment (MCI) is common problems in older adults. The cognitive screening of older adults at risk of MCI is commonly restricted to brief dementia screens, with less consideration to their suitability for assessing mild cognitive impairment in several contexts and settings. Further, there has no a computerized MCI screening test, which consider a multisensory integration and incorporate brainwave measurement (EEG and Event-related potential or ERP) and machine learning algorithms. The current study aimed to create the rapid and computerized program of mild cognitive impairment screening test incorporating the multisensory integration, brainwaves, and machine learning algorithms and to test the psychometric properties (i.e., reliability and validity) of the developed program. The developed program was designed to detect MCI in 120 EEC community-dwelling older adults and it composed of three cognitive tasks, that is, visual, auditory, and multisensory integration tasks. Participants were 60 MCI older adults and 60 healthy older adults. Cronbach's alpha, machine learning algorithms (random forest, linear support vector classification, k-nearest neighbors, and neural network) were used to examine the reliability and validity of the developed program. Behavoiural and brainwave parameters across three cognitive tasks yielded excellent reliability (>.90) and significantly discriminated between MCI and healthy older adults. The behavioural parameters outperformed brainwave parameters for discriminating older adults. The accuracy of the machine learning algorithm for the behavioural parameters were 90%, whereas, that of the for the brainwave parameters were 76.67% (EEG) and 56.67% (ERP), respectively. Finally, the developed program consists of three cognitive tasks and it may take less than 15 minutes to complete. In addition, the developed program also incorporates machine learning algorithm and well suits with brainwave recording.

Keywords: Multisensory integration, computerized screening test, mild cognitive impairment, brainwaves, machine learning algorithms

สารบัญเรื่อง (Table of Contents)

		หน้า
บทสรุปผู้บริหาร		ก
บทคัดย่อ (ไทย-อังกฤษ)		ค
สารบัญเรื่อง		ฆ
สารบัญตาราง		จ
สารบัญภาพ		ช
บทที่ 1	**บทนำ**	1
	1.1 หลักการและเหตุผล	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	7
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	7
	1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	8
	1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย	9
บทที่ 2	**การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง**	11
	2.1 ความหมายและลักษณะของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	11
	2.2 สาเหตุของการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	17
	2.3 การประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	19
	2.4 แนวทางในการป้องกันและชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	37
	2.5 คลื่นไฟฟ้าสมอง การเรียนรู้ของเครื่อง และภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	39
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย**	43
	3.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง	43
	3.2 การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง	45
	3.3 แบบแผนการวิจัย	47
	3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
	3.5 การศึกษานำร่องกิจกรรมทดสอบของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์	56
	3.6 การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง	58
	3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล	61
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	76

		หน้า
	4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI	76
	4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเชิงพฤติกรรมจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์	78
	4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเชิงคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเทคนิค EEG จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์	82
	4.4 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์	83
	4.5 ผลการทดสอบความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์	87
	4.6 การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุด้วยขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเรื่องด้วยพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์	87
บทที่ 5	**การออกแบบโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุ**	94
บทที่ 6	**อภิปรายและวิจารณ์ผล**	124
	6.1 ข้อจำกัดเดิมและข้อค้นพบใหม่	124
	6.2 ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก การมองเห็น การได้ยิน และการบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุจากข้อมูลเชิงพฤติกรรม	127
	6.3 ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก และการบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุจากข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองและศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์	132
บทที่ 7	**สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**	138
	7.1 สรุปผลการวิจัย	138
	7.2 ข้อจำกัดในการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป	140
	7.3 ข้อเสนอแนะในการนำโปรแกรมคัดกรองฯ ไปใช้ในชุมชนและสถานพยาบาล	142
บรรณานุกรม		144
ภาคผนวก		188
ประวัติผู้วิจัย		200

สารบัญตาราง (List of Tables)

		หน้า
ตาราง 2.1	ตัวอย่างแบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในต่างประเทศและประเทศไทย (ดัดแปรงจาก ณัฐินี ณ เชียงใหม่ และพีร วงศ์อุปราช, 2563)	30
ตาราง 3.1	แบบแผนการทดลอง	47
ตาราง 3.2	คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่า *F* และขนาดอิทธิพล	57
ตาราง 3.3	ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเที่ยงของแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (120 ข้อ)	58
ตาราง 4.1	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรพื้นฐานระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)	77
ตาราง 4.2	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)	79
ตาราง 4.3	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)	80
ตาราง 4.4	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)	81
ตาราง 4.5	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60): หน่วย%	82
ตาราง 4.6	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P200 ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60): หน่วย μV สำหรับความโด่ง และมิลลิวินาทีสำหรับความเร็ว	84
ตาราง 4.7	ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ NSW ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)	85
ตาราง 4.8	ค่าความเที่ยงทั้งชุดของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท (N=120)	87

สารบัญตาราง (List of Tables) (ต่อ)

		หน้า
ตาราง 4.9	ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	88
ตาราง 4.10	ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	90
ตาราง 4.11	ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	92
ตาราง 5.1	ผู้รับการทดสอบ (Participants)	102
ตาราง 5.2	การทดสอบ (Testing)	103
ตาราง 5.3	ผู้ใช้งานระบบ (Users)	104
ตาราง 5.4	ประเภทผู้ใช้งานระบบ (UserTypes)	104

สารบัญภาพ (List of Illustration)

		หน้า
แผนภาพ 1.1	กรอบแนวคิดของการวิจัย	9
แผนภาพ 2.1	ความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอายุ (ผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ) ระหว่างทำกิจกรรม MSI ณ ตำแหน่ง Angular gyrus ฝั่งขวา (Hirst et al., 2021) (ภาพประกอบได้รับอนุญาตจาก Elsevier ภายใต้เงื่อนไขภาพปลอดลิขสิทธิ์ the Creative Commons Attribution 4.0 International License: CC BY-NC-ND 4.0)	16
แผนภาพ 2.2	(ก) ภาพถ่าย MRI สมองส่วน Hippocampus ในผู้ป่วยที่มี MCI (Mayo clinic, 2019) และ (ข) สมองเนื้อเทามีขนาดบางลงในกลุ่ม MCI และกลุ่มผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ (AD) (Chandra, Dervenoulas, Politis, & Initiative, 2018) (ภาพประกอบได้รับอนุญาตจาก SpringerLink ภายใต้เงื่อนไขภาพปลอดลิขสิทธิ์ the Creative Commons Attribution 4.0 International License)	18
แผนภาพ 3.1	ขนาดกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยโปรแกรม G*Power3.1.9.7 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007)	43
แผนภาพ 3.2	ภาพกระบวนการคัดกรองผู้สูงอายุ ณ ชุมชนต่างๆ ในอำเภอเมืองชลบุรี	46
แผนภาพ 3.3	กระบวนการในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ	47
แผนภาพ 3.4	เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น	51
แผนภาพ 3.5	เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน	53
แผนภาพ 3.6	เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	55
แผนภาพ 3.7	การศึกษานำร่อง ณ จังหวัดตราด	56
แผนภาพ 3.8	อุปกรณ์สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและการเตรียมอาสาสมัคร	60
แผนภาพ 3.9	ลำดับกิจกรรมทดสอบขณะวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง	61
แผนภาพ 3.10	การระบุประเภทของคลื่นรบกวนขององค์ประกอบต่างๆ หลังจากการทดสอบ ICA ด้วยโปรแกรม MATLAB - EEGLAB version 2021.1	62
แผนภาพ 3.11	ตัวอย่างการกำหนดความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย FFT โดยใช้โปรแกรม MATLAB - Darbeliai version 2019.02.01.1	65
แผนภาพ 3.12	Butterfly plot ของคลื่นไฟฟ้าสมองทุกเงื่อนไข ทุกกลุ่มผู้สูงอายุ และทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด	66

สารบัญภาพ (List of Illustration) (ต่อ)

หน้า

แผนภาพ 3.13	แผนที่ Topography ของคลื่นไฟฟ้าสมองตั้งแต่มิลลิวินาทีที่ 0 จนถึง 400 จำแนกตามเงื่อนไขของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (ทิศทางสอดคล้อง และไม่สอดคล้อง) และกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI)	68
แผนภาพ 3.14	ภาพร่าง ERP ขององค์ประกอบ P200 จำแนกตามขั้วไฟฟ้าสมองส่วนหน้า 3 ตำแหน่ง (FP1 FP2 และ FCz) และตามกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI) หมายเหตุ CS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (สีดำ) และ IS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (สีแดง)	69
แผนภาพ 3.15	ภาพร่าง ERP ขององค์ประกอบ NSW จำแนกตามขั้วไฟฟ้าสมองส่วนหน้า 7 ตำแหน่ง (FP1 FP2 และ FCz) และตามกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI) หมายเหตุ CS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (สีดำ) และ IS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (สีแดง)	70
แผนภาพ 4.1	Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม	88
แผนภาพ 4.2	Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	90
แผนภาพ 4.3	Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	92
แผนภาพ 5.1	แผนภาพยูสเคสโปรแกรมคอมพิวเตอร์	95
แผนภาพ 5.2	แสดงสถาปัตยกรรมของโปรแกรม ฯ	101
แผนภาพ 5.3	แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของตาราง	102
แผนภาพ 5.4	แสดงแผนภาพผังการทำงานของโปรแกรม	105
แผนภาพ 5.5	แสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบ	106

สารบัญภาพ (List of Illustration) (ต่อ)

หน้า

แผนภาพ 5.6	แสดงหน้าต่างแรกหลังเข้าสู่ระบบ	107
แผนภาพ 5.7	แสดงหน้าต่างเมื่อผู้ใช้เลือกฝึกซ้อม	107
แผนภาพ 5.8	แสดงหน้าต่างจุดรวมสายตา	108
แผนภาพ 5.9	แสดงหน้าต่างแสดงวงกลมฝั่งซ้าย	108
แผนภาพ 5.10	แสดงหน้าต่างแสดงวงกลมฝั่งขวา	109
แผนภาพ 5.11	แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากฝั่งซ้าย	109
แผนภาพ 5.12	แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากฝั่งขวา	110
แผนภาพ 5.13	แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากทั้งสองฝั่ง	110
แผนภาพ 5.14	แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงจากฝั่งซ้าย	111
แผนภาพ 5.15	แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงจากฝั่งขวา	111
แผนภาพ 5.16	แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงคนละฝั่งซ้าย	112
แผนภาพ 5.17	แสดงหน้าต่างยืนยันเริ่มฝึกซ้อม	112
แผนภาพ 5.18	แสดงหน้าทดสอบ จุดรวมสายตา	113
แผนภาพ 5.19	แสดงหน้าทดสอบ วงกลมปรากฏด้านซ้าย	113
แผนภาพ 5.20	แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ซ้าย” ปรากฏด้านซ้าย	114
แผนภาพ 5.21	แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ขวา” ปรากฏด้านด้านขวา	114
แผนภาพ 5.22	แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ซ้าย” ปรากฏด้านขวา	115
แผนภาพ 5.23	แสดงหน้าต่างอธิบายการบันทึกคะแนนเมื่อผู้ใช้เลือกทดสอบ	115
แผนภาพ 5.24	แสดงหน้าต่างผลการทดสอบหลังฝึกซ้อม	116
แผนภาพ 5.25	แสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ	116
แผนภาพ 5.26	แสดงหน้าต่างสรุปข้อมูลผู้ทดสอบและผลการทดสอบ	117
แผนภาพ 5.27	แสดงหน้าต่างรายชื่อผู้ทดสอบ	117
แผนภาพ 5.28	แสดงหน้าต่างแสดงประวัติผลการทดสอบ	118
แผนภาพ 5.29	แสดงหน้าต่างแสดงผลการค้นหา	118
แผนภาพ 5.30	แสดงหน้าต่างกรอกข้อมูลผู้ใช้โปรแกรม	119
แผนภาพ 5.31	แสดงหน้าต่างยืนยันการเพิ่มข้อมูลผู้ใช้โปรแกรม	119

สารบัญภาพ (List of Illustration) (ต่อ)

หน้า

แผนภาพ 5.32	แสดงหน้าต่างเปลี่ยนรหัสผู้ดูแลระบบ	120
แผนภาพ 5.33	แสดงหน้าต่างการเขียนโปรแกรม	121
แผนภาพ 5.34	หน้าจอแสดงผลการคัดกรองจากโปรแกรมฯ	122
แผนภาพ 6.1	ตัวอย่างสิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นของโปรแกรมคัดกรองฯ	128
แผนภาพ 6.2	พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Beta แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม MCI ประเภทต่างๆ กลุ่มภาวะสมองเสื่อม (AD) และกลุ่มปกติ (Controls) (Baker & Schiffer, 2008) (ภาพประกอบเป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported (CC BY-NC 3.0))	133
แผนภาพ 6.3	ตำแหน่งองค์ประกอบ P200 ที่มีความโด่งแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI (ผู้แต่ง Laurens R. Krol (2020) ชื่อภาพ EEG 10-10 system with additional information ภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข Creative Commons Zero: Public Domain Dedication)	135
แผนภาพ 7.1	แนวทางการใช้โปรแกรมคัดกรองฯ ในชุมชนและสถานพยาบาล	143

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ภาวะสมองเสื่อม ถือเป็นกลุ่มอาการที่ประกอบไปด้วยความบกพร่องหลายด้าน เช่น ความจำ ภาษา และพฤติกรรม เป็นต้น ซึ่งความบกพร่องเหล่านี้กระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของแต่ละบุคคล (Kelley & Petersen, 2007; Robinson, Tang, & Taylor, 2015) ข้อมูลจากการสำรวจจำนวนผู้สูงอายุในประเทศไทย ประจำปี พ.ศ. 2563 พบว่า ประเทศไทยมีประชากรรวมทั้งหมด 66.5 ล้านคน ผู้สูงอายุทั้งหมดประมาณ 12 ล้านคน หรือคิดเป็นร้อยละ 18 ของประชากรทั้งหมด และข้อมูลจากรายงานสถานการณ์สุขภาพประจำปี พ.ศ. 2559 ระบุว่าผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อม (Dementia) พบตั้งแต่ร้อยละ 6.7 ในภาคใต้ ไปจนถึง 8.8 ในภาคกลาง (มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย, 2564) นอกจากนี้งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นผลการคัดกรองภาวะสมองเสื่อมรายจังหวัด พบว่า มีผู้สูงอายุที่จัดอยู่ในกลุ่มผู้มีภาวะสมองเสื่อมตั้งแต่ร้อยละ 7.14 ในจังหวัดเชียงราย (ศิรินทิพย์ คำฟู กฤษณพนธ์ ชัยมงคล ขันลิกา ไชยชมภู และเพ็ญพิชชา แก้วมุณีวงศ์, 2557) ร้อยละ 12.7 ในจังหวัดนครราชสีมา (สายสุนีย์ เลิศกระโทก สุธรรม นันทมงคลชัย และศุภชัย ปิติกุลตัง, 2556) ร้อยละ 18.6 ในจังหวัดปทุมธานี (อาทิตยา สุวรรณ์ และสุทธิศรี ตระกูลสิทธิโชค, 2559) จนถึงร้อยละ 23.4 ในจังหวัดลำพูน (ลลิตา พนาคร สุธรรม นันทมงคลชัย ศุภชัย ปิติกุลตัง โชคชัย หมั่นแสวงทรัพย์ และพิมพ์สุรางค์ เตชะบุญเสริมศักดิ์, 2558) ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากความชุกที่ปรากฏจึงสามารถประมาณการได้ว่าประเทศไทยมีผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมประมาณ 900,000 คนเลยทีเดียว เมื่อพิจารณาจากผลการสำรวจภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุในต่างประเทศ พบว่ามีความชุกประมาณร้อยละ 14.7 ในประเทศสหรัฐอเมริกา (Rajan, Weuve, Barnes, Wilson, & Evans, 2019) ร้อยละ 15.4 ในประเทศจีน (Deng et al., 2021) ร้อยละ 10.2 ในประเทศสาธารณรัฐเกาหลี (Han et al., 2018) และร้อยละ 9 ในประเทศเลบานอน (Phung et al., 2017) หรือประมาณการว่าผู้สูงอายุกว่า 50 ล้านคนทั่วโลกมีภาวะสมองเสื่อม (WHO, 2017) ซึ่งอาจเพิ่มขึ้นเป็น 120 – 150 ล้านคนในปี พ.ศ. 2593 (Prince, 2015) โดยอัตราความชุกของโรคอาจมากกว่านี้ในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนา (Nakamura, Opaleye, Tani, & Ferri, 2015) และมีความเป็นไปได้ที่อัตราความชุกของภาวะสมองเสื่อมจะมีตัวเลขต่ำกว่าความเป็นจริง (Bae et al., 2019)

นอกเหนือจากจำนวนผู้สูงอายุหลายล้านคนที่ตรวจพบว่ามีภาวะสมองเสื่อมแล้ว ปัญหาเรื่องการบำบัดรักษาเป็นสิ่งที่น่ากังวลยิ่งกว่า เนื่องด้วยข้อมูลจากงานวิจัยทั้งในและต่างประเทศต่างเผยให้เห็นว่ายังไม่มีวิธีการบำบัดที่มีประสิทธิภาพ และสามารถรักษาให้หายขาดได้ โดยวิธีการรักษาในปัจจุบันมุ่งเพียงบรรเทาอาการของโรคเป็นหลัก (Knight, Khondoker, Magill, Stewart, & Landau, 2018; Perng, Chang, & Tzang, 2018; Ströhle et al., 2015) รวมถึงประเด็นค่าใช้จ่ายจำนวนมากในการรักษาและดูแลผู้ป่วย (Ahern et al., 2019) รวมทั้งผลกระทบทางจิตใจต่อผู้ดูแลผู้ป่วยอีกด้วย (Lee et al., 2019) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจากการวิจัยหลายเรื่องแสดงให้เห็นว่าภาวะสมองเสื่อมสามารถป้องกัน หรือชะลอความเสื่อมได้ และการเริ่มรักษาในช่วงเริ่มแรก (Early intervention) ที่ปรากฏอาการ ถือเป็นอีกแนวทางที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง (Robinson et al., 2015) งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าอาการของภาวะสมองเสื่อมโดยเฉพาะเกิดจากโรคอัลไซเมอร์ (Alzheimer's disease) ถือเป็นโรคหลักที่นำไปสู่ภาวะสมองเสื่อมที่พบในผู้สูงอายุทั่วไปในประเทศไทย (ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร, 2561) อย่างไรก็ตามโรคอัลไซเมอร์จะเริ่มปรากฏอาการผิดปกติตั้งแต่อยู่ในช่วง "ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Mild cognitive impairment)" กล่าวคือ ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกนี้ ถือเป็นอาการเริ่มต้น (Prodromal) ก่อนที่จะพัฒนาไปเป็นภาวะสมองเสื่อมเมื่อเวลาผ่านไป 9.5 ปี นั่นเอง (Bennett et al., 2002; Morris et al., 2001; Petersen et al., 2009) โดยภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ถือเป็นกลุ่มอาการที่สะท้อนถึงความเสื่อมของการทำงานของสมอง (Cognitive decline) ในระดับมากกว่าปกติเมื่อเทียบกับคนกลุ่มอายุหรือระดับการศึกษาเดียวกัน แต่ความเสื่อมนี้ยังไม่กระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม หากไม่ได้รับการรักษาผู้ป่วยที่จัดอยู่ในกลุ่มภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกนี้มากกว่าครึ่งจะกลายเป็นผู้ป่วยภาวะสมองเสื่อมหรือโรคอัลไซเมอร์ภายในระยะเวลา 5 ปี (Gauthier et al., 2006) และเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกนี้มีความเสี่ยงที่จะเกิดโรคอัลไซเมอร์เมื่อเวลาผ่านไป 4.5 ปีประมาณ 3 เท่าเลยทีเดียว (Bennett et al., 2002) รวมถึงอัตราการดำเนินโรคกว่าร้อยละ 17.2 ต่อปีจากภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกสู่โรคอัลไซเมอร์ (Landau et al., 2010) เมื่อเทียบกับประชากรทั่วไปที่อัตราการดำเนินโรคเพียงร้อยละ 1-2 ต่อปีเท่านั้น (Phillips, 2008)

ณ ปัจจุบัน ตัวบ่งชี้ทางชีวภาพ (Biomarker) ยังมีข้อจำกัดในการใช้วินิจฉัยภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Larner, 2018) รวมทั้งเครื่องมือทางการแพทย์ เช่น functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) หรือ Positron Emission Tomography (PET) มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ และให้บริการสูง รวมถึงขาดบุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญ การพัฒนาระบบประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจึงเป็นหัวใจสำคัญในการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง เพื่อป้องกันภาวะสมองเสื่อม เพื่อสร้างความตระหนักแก่ประชาชนและบุคลากร

ทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อติดตามการดำเนินโรค และเป็นการส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพสำหรับกลุ่มผู้สูงอายุอีกด้วย (Fox, Lafortune, Boustani, & Brayne, 2013; Jacinto et al., 2013) ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีแบบประเมินมาตรฐาน หรือแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกหลายแบบที่ใช้ในต่างประเทศและในประเทศไทย ยกตัวอย่างเช่น แบบประเมิน Mini Mental State Examination (MMSE), Montreal Cognitive Assessment (MoCA) หรือ The Addenbrooke's Cognitive Examination-Revised (ACE-R) (Cullen, O'Neill, Evans, Coen, & Lawlor, 2007; Julayanont et al., 2015; Larner, 2016; Woodford & George, 2007) และ the DemTect (Kalbe et al., 2004) เป็นต้น อย่างไรก็ตามแบบประเมินเหล่านี้ยังมีข้อจำกัดหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น ค่าอำนาจจำแนกผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ยังไม่สูง การประเมินแยกย่อยในแต่ละด้านของแบบประเมินยังไม่ชัดเจนและไม่ครบถ้วน และข้อจำกัดในการจำแนกด้านย่อยของภาวะสมองเสื่อมประเภทต่างๆ (Coen, Robertson, Kenny, & King-Kallimanis, 2016; Wendell et al., 2013) รวมถึงเนื้อหาแบบคัดกรองหลายแบบขาดความจำเพาะหรือสอดคล้องกับบริบทของวัฒนธรรมไทย อีกด้วย

ด้วยข้อจำกัดของแบบประเมินฯ ดังที่กล่าวมาข้างต้นและจากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบการประเมินที่ครอบคลุมตัวแปรทางปัญญาต่างๆ ที่พบว่าสามารถจำแนกผู้สูงอายุที่มีและไม่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ได้แก่ การบริหารจัดการของสมอง (Executive function) (Brandt et al., 2009; Clément et al., 2013; Marshall et al., 2011; Reinvang, Grambaite, & Espeseth, 2012; Seo et al., 2016) ความใส่ใจ (Attention) (Dannhauser et al., 2005; Levinoff, Saumier, & Chertkow, 2005; Saunders & Summers, 2011; Summers, 2010) ภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial variant) (Alichniewicz et al., 2012; Mapstone, Steffenella, & Duffy, 2003) ความจำขณะทำงาน (Working memory) (Missonnier et al., 2007) และความรวดเร็วในการประมวลผลของสมอง (Processing speed) (Nordlund et al., 2007; Wadley, Okonkwo, Crowe, & Ross-Meadows, 2008) โดยปัจจุบันยังไม่มีงานวิจัยชิ้นใดที่ได้ออกแบบระบบประเมินทางปัญญาได้ครอบคลุมตัวแปรสำคัญเหล่านี้

นอกจากนี้ งานวิจัยนี้ยังได้นำแนวคิดเรื่องการบูรณาการประสาทรับรู้ (Multisensory integration) มาเป็นตัวเชื่อมตัวแปรทางปัญญาต่างๆ (ได้แก่ การบริหารจัดการของสมอง ความใส่ใจ การประมวลผลภาพและมิติสัมพันธ์ ความจำขณะทำงาน และความรวดเร็วในการประมวลผลของสมอง) ของระบบการประเมินที่จะพัฒนาขึ้น โดยความสามารถในการบูรณาการประสาทรับรู้ หมายความถึง ความสามารถในการจัดรูปแบบและปรับตัวของระบบประสาทในกระบวนการรับข้อมูล จัดระบบ (ประมวลผล) แล้วตอบสนองต่อข้อมูลรับเข้าที่เฉพาะเจาะจง หลากหลาย และซับซ้อนนั้น โดยแสดงออกมาเป็นพฤติกรรมในท่วงทีที่เหมาะสม และ

ตามลำดับความสำคัญ (Hornix, Havekes, & Kas, 2018) ซึ่งความสามารถในการบูรณาการประสาทรับรู้นี้มักเสื่อมถอยลงตามวัย (Freiherr, Lundström, Habel, & Reetz, 2013) อย่างไรก็ตาม งานวิจัยหลายชิ้นต่างพบความบกพร่องในการบูรณาการประสาทรับรู้ในคนไข้ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก กล่าวคือ ผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกประสบปัญหาในการทำกิจกรรมทดสอบที่ต้องบูรณาการประสาทการได้ยินและการมองเห็นเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุปกติ (Murray et al., 2018) ยกตัวอย่างเช่น กระบวนการบูรณการข้อมูลเสียงร่วมกับภาพช้าลง (Delayed audiovisual integration) ในผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกเทียบกับผู้สูงอายุปกติ (Wu et al., 2012) ดังนั้น กิจกรรมทดสอบตัวแปรทางปัญญาของการวิจัยนี้จะถูกออกแบบให้สะท้อนความสามารถในการบูรณาการประสาทรับรู้ทั้งทางการได้ยินและทางการมองเห็นผนวกเข้ากับเหล่าตัวแปรทางปัญญาที่ได้กล่าวแต่ต้น เพื่อประเมินทั้งภาพย่อยและภาพบูรณาการของความเสื่อมของสมองในระยะเริ่มแรก

ถึงแม้ว่าข้อมูลเชิงพฤติกรรมจากกิจกรรมทดสอบทางปัญญาทั้งความถูกต้องและความรวดเร็วในการตอบสนองจะเป็นประโยชน์ในการประเมินสำหรับตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ความเข้าใจในเรื่องชีววิทยาพื้นฐานของระบบประสาทของผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ถือเป็นเรื่องที่สำคัญในการพัฒนาระบบประเมินให้แม่นยำมากยิ่งขึ้น คลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG) มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงเป็นอย่างมาก และมักเกิดความผิดปกติก่อนการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างหรือระบบเมตาบอลิซึมที่จะตามมา (Giannakopoulos, Missonnier, Gold, & Michon, 2009) โดยเฉพาะบริเวณสมองที่เกี่ยวกับความจำ เช่น Hippocampus และบริเวณอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง คลื่นไฟฟ้าสมองจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน หากเริ่มมีการเสื่อมลงในระยะแรก (Initial stage) นอกจากนี้ คลื่นไฟฟ้าสมองถือเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่มีความเที่ยงสูง (Reliable) และมีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการต่ำ (Moretti, Paternicò, Binetti, Zanetti, & Frisoni, 2012) โดยงานวิจัยหลายชิ้นตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งขณะพักและขณะทำกิจกรรมทดสอบทางปัญญาต่างก็สัมพันธ์กับความเสื่อมของสมองระยะเริ่มแรก ยกตัวอย่างเช่น คลื่นไฟฟ้าสมองย่านเทต้า (Theta) สัมพันธ์กับการหดตัว (Atrophy) ของ Hippocampus (Grunwald, Hensel, Wolf, Weiss, & Gertz, 2007) คลื่นไฟฟ้าสมองย่านอัลฟ่า (Alpha) สัมพันธ์กับยีน Apolipoprotein ε ในผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Babiloni et al., 2006) คลื่นไฟฟ้าสมองย่านเดลต้า (Delta) ย่านอัลฟ่า ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P600 (Event-Related Potentials: ERP) และ P300b (Chen, Hsu, Chiu, Hu, & Lee, 2015; Jackson & Snyder, 2008; Porcaro, Balsters, Mantini, Robertson, & Wenderoth, 2019; Ya et al., 2015) ต่างก็เป็นตัวชี้วัดที่สะท้อนกระบวนการเสื่อมทางปัญญา (Cognitive decline) เป็นต้น ยิ่งไปกว่านั้นคลื่นไฟฟ้าสมองยังมีความละเอียดสูงมาก ซึ่งสามารถวัด

ออกมาได้ทั้งในมิติพลังงานที่สมองใช้ (ไมโครโวลต์) และมิติเวลาที่สมองประมวลผล (มิลลิวินาที) ความละเอียดและแม่นยำนี้ สามารถนำมาใช้แยกประเภทย่อยของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Moretti et al., 2010) อีกด้วย

ข้อมูลจากงานวิจัยเกี่ยวกับแบบวัด แบบประเมิน หรือแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจากอดีตจนถึงปัจจุบันที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปถึงข้อจำกัดหรือช่องโหว่ทางการวิจัย (Research gap) ได้จำนวน 7 ประเด็น ดังต่อไปนี้ ซึ่งถือเป็นหัวใจสำคัญในการออกแบบและพัฒนาแบบคัดกรองสำหรับการวิจัยนี้

(1) ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุที่ใช้ความเสื่อมในการ บูรณาการพหุประสาท (Multisensory integration) เป็นตัวแปรฐานคิด ซึ่งแบบคัดกรองที่วัดหรือต้องใช้ทั้งการมองและการได้ยินพร้อมกัน ถือเป็นแบบวัดที่มีความตรงเชิงนิเวศ (Ecological validity) สูงกว่าแบบคัดกรองทางจิตประสาทวิทยา (Neuropsychological tests) ทั่วไปที่อาศัยการมองหรือการฟังอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เนื่องด้วยแบบคัดกรองที่วัดความสามารถในการบูรณาการพหุประสาทสอดคล้องเป็นอย่างดีกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้สูงอายุ (Pinto et al., 2021)

(2) ยังไม่พบแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์สำหรับผู้สูงอายุในประเทศไทยที่วัดกลไกความบกพร่องขั้นพื้นฐานที่มีในผู้สูงอายุภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นประเภท Amnestic MCI (aMCI) หรือ Non-amnestic MCI (naMCI) ก็ตาม

(3) ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุไทยที่เป็นแบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการคิดคะแนน การดำเนินการทดสอบ การแปลผลที่เป็นมาตรฐาน และที่สำคัญทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์นอกเหนือจากแบบคัดกรองแบบเขียนตอบโดยทั่วไป เช่น เวลาในการตอบสนอง (Response time) สำหรับแต่ละเงื่อนไขมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที ความเร็วช้าในการแสดงสิ่งเร้าในแต่ละเงื่อนไข (Inter-Stimulus Interval หรือ Inter-Trial Interval) การสุ่มเงื่อนไขสิ่งเร้าในแต่ละเงื่อนไข (Randomization) โดยค่าพารามิเตอร์ที่จะได้จากโปรแกรมแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์นี้จะมีมาตรฐานเปรียบเทียบระหว่างคลินิก ห้องปฏิบัติการ หรือในบริบทต่างๆ ได้ และสามารถควบคุมเวลาในการทดสอบได้เป็นอย่างดี

(4) แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุแต่เดิมมีข้อจำกัดเรื่องอิทธิพลของระดับการศึกษาของผู้ถูกทดสอบที่อาจส่งผลต่อการตีความคะแนนและบดบังอิทธิพลของความเสื่อมของผู้ถูกทดสอบ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ได้กับผู้สูงอายุทุกกลุ่ม ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องพัฒนาแบบคัดกรองหรือโปรแกรมแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่มีข้อจำกัดเรื่องระดับการศึกษาน้อย สามารถใช้กับประชากรผู้สูงอายุไทยที่มีระดับการศึกษาค่อนข้างต่ำ

(5) แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุที่มีอยู่ในปัจจุบันมีข้อจำกัดเรื่องวัฒนธรรม โดยเฉพาะสิ่งเร้าต่างๆ ที่ใช้มักเป็นภาพ โครงสร้างประโยค สถานการณ์ในบริบทตะวันตก ซึ่งอาจมีข้อจำกัดในการแปลผลและการอ้างอิงไปยังประชากร

(6) ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุที่มีในปัจจุบันใช้ขั้นตอนวิธี (Algorithm) ของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) มาช่วยในการคำนวณและแปลผลแบบคัดกรอง

(7) ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุที่มีในปัจจุบันที่สามารถเชื่อมต่อกับวิธีการวัดทางประสาทสรีรวิทยา (Neurophysiology) เช่น คลื่นไฟฟ้าสมอง (EEG) ซึ่งจะทำให้โปรแกรมแบบคัดกรองมีประสิทธิภาพมากกว่าทั้งในประเด็นพารามิเตอร์ หรือตัวบ่งชี้ (Markers) ที่เพิ่มขึ้น และสารสนเทศในทางกระบวนการทำงานของสมองที่เสื่อมลง รวมถึงตำแหน่งของสมองที่น่าจะเกี่ยวข้องกับความเสื่อมของสมอง

จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้มุ่งพัฒนาโปรแกรมคัดกรองสำหรับตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ ซึ่งครอบคลุมตัวแปรทางปัญญาที่พบว่าสามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติ และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกได้ โดยการออกแบบกิจกรรมทดสอบแต่ละกิจกรรมจะคำนึงถึงการบูรณาการประสาทรับรู้ทั้งทางการได้ยินและการมองเห็น นอกจากนี้เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองจะบันทึกกระบวนการทำงานของสมองขณะทำกิจกรรมทางปัญญาของผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาถึงข้อมูลที่ได้จากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยจะพบว่าข้อมูลอาจประกอบไปด้วยทั้งมิติทางพฤติกรรม และมิติทางคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความซับซ้อนเป็นอย่างมาก รวมถึงต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์อย่างยาวนาน (Time consuming) กระบวนการจัดการข้อมูลของระบบประเมิน จึงนำกลวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine learning) มาใช้ ซึ่งกลวิธีการเรียนรู้ของเครื่องนี้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย สำหรับวิเคราะห์ เรียนรู้ ทั้งความแปรปรวนและรูปแบบของข้อมูล เพื่อประโยชน์ในการลดความคลาดเคลื่อน เพิ่มความแม่นยำในการจำแนกหรือทำนายผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง และเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรเป้าหมาย (Generalization) (Dwyer, Falkai, & Koutsouleris, 2018) ในเชิงหลักวิชา ขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเครื่องจะถูกพัฒนาขึ้นสำหรับการฝึกและเรียนรู้ข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่ได้จากกิจกรรมทดสอบต่างๆ ของระบบประเมิน แล้วใช้ข้อมูลจากคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นตัวอธิบายกระบวนการเปลี่ยนแปลงของสมอง (Fong et al., 2018) ดังนั้น ระบบประเมินฯ ที่จะพัฒนาขึ้นจะมีประโยชน์ทั้งทางตรง ทางอ้อม ระยะสั้น และระยะยาว กล่าวคือ สามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกประเภทต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พัฒนาองค์ความรู้ด้าน Cognitive aging เป็นประโยชน์ด้านวางแผนการรักษา ด้านการติดตามการดำเนินโรค ด้านการสร้างความตระหนักและส่งเสริมพฤติกรรมสุขภาพในผู้สูงอายุไทย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์แบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทสำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุไทยในชุมชน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์เหตุการณ์ขณะทำโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติกับเสี่ยง MCI

1.2.3 เพื่อทดสอบความตรง (Validity) และความเที่ยง (Reliability) ของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตในด้านประชากร ได้แก่ กลุ่มประชากรเป็นผู้สูงอายุมีจังหวัดชลบุรี อายุระหว่าง 60 ปีขึ้นไปทั้งที่ (ก) ไม่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก และ (ข) มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก โดยกลุ่มทั้งกลุ่ม (ก) และ (ข) ได้แก่ ผู้สูงอายุในชุมชนอาศัยอยู่ในจังหวัดชลบุรี

1.3.2 ขอบเขตในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ (ก) แบบวัดภาวะซึมเศร้าในผู้สูงอายุไทย แบบประเมินภาวะซึมเศร้าของเบค ฉบับภาษาไทย (ข) แบบประเมินการมองเห็นเจเกอร์ชาร์ต (Jaeger's Chart) และ (ค) แบบประเมินความถนัดในการใช้มือ (Edinburgh Handedness Inventory) ของ Oldfield (1971) (ง) เครื่องวัดสมรรถภาพการได้ยินในผู้สูงอายุ (Earscan 3 audiometers) แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย ฉบับที่สอง (Mini-Mental State Examination-2nd edition) และ (จ) แบบสอบถามภาวะหลงลืมประเมินตนเอง (Subjective memory complaint) (Youn et al., 2009) ฉบับภาษาไทยและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ (ก) โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์สำหรับประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้น และ (ข) เครื่องขยายสัญญาณคลื่นไฟฟ้าสมองระบบ NeuroScan รุ่น SynAmps2 ชนิด 64 ช่องสัญญาณ

1.3.3 ขอบเขตในด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ตัวแปร การบริหารจัดการของสมอง ความใส่ใจ ความจำการประมวลผลภาพและมิติสัมพันธ์ ความจำขณะทำงาน ความรวดเร็วในการประมวลผลของสมอง และการบูรณาการประสาทรับรู้ ซึ่งตัวแปรเหล่านี้จะได้ค่าพารามิเตอร์ดังต่อไปนี้ (ก) คะแนนเชิงพฤติกรรมทั้งความถูกต้องและเวลาตอบสนองจากกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น ทางการได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท (ข)

ค่าพลังงานสัมพัทธ์จากคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Delta Theta Alpha Beta และ Gamma (ค) ค่าความโด่งและความเร็วของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ (P200 และ NSW) ขณะทำกิจกรรมทดสอบของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์สำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่มีความเที่ยงและความตรงสูงสามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติและที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกประเภทต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.4.2 ได้ตัวบ่งชี้ทางประสาทวิทยา (Neuromarker) ที่อาจมีประโยชน์ในการจำแนกภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก และเป็นข้อมูลสำคัญประกอบการวินิจฉัยทางการแพทย์ต่อไป

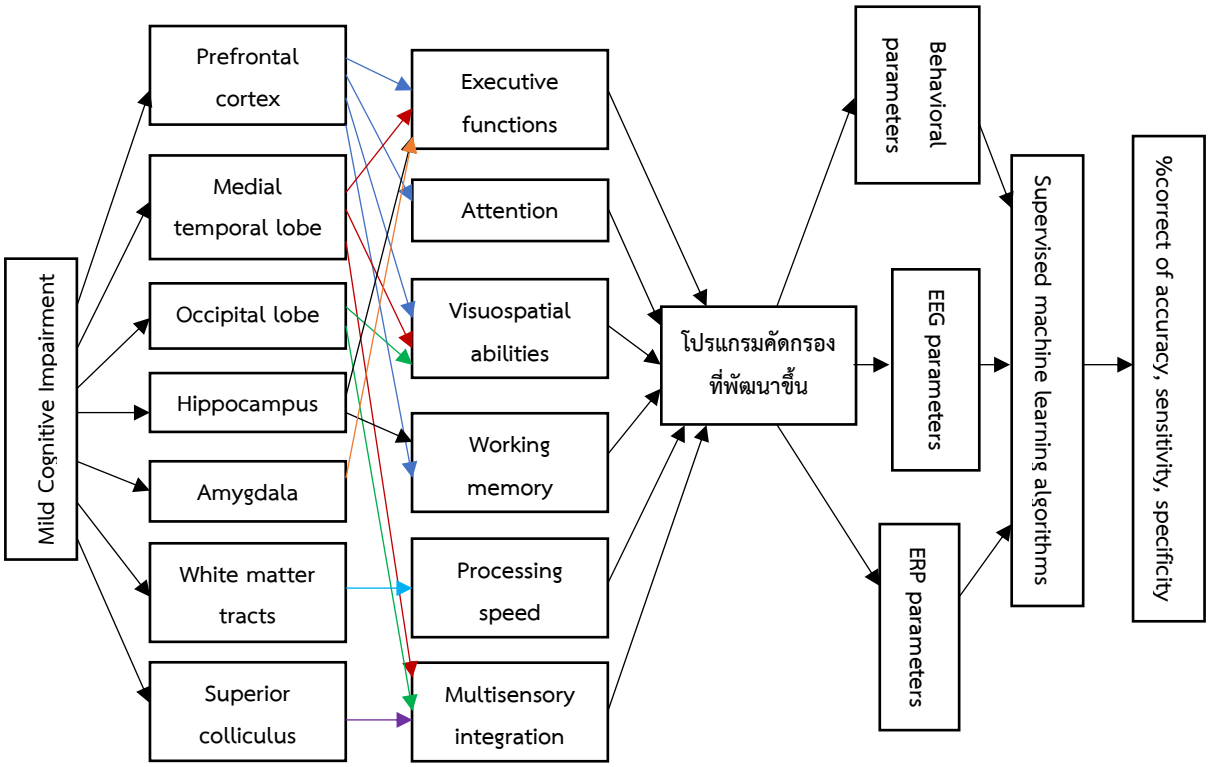
1.4.3 ได้องค์ความรู้สำคัญที่อาจทำให้เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางปัญญา (Cognitive processes) ที่ผิดปกติในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

1.4.4 ได้ข้อมูลสำคัญจากโปรแกรมคัดกรองจากคลื่นไฟฟ้าสมองที่อาจมีประโยชน์ในการวางแผนการรักษา และติดตามการดำเนินโรค

1.4.5 โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นอาจเป็นประโยชน์ในการสร้างความตระหนักและส่งเสริมสุขภาพในผู้สูงอายุไทยในเขตเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

1.4.6 ได้คู่มือแนวทางในการป้องกันและบรรเทาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

1.5 กรอบแนวความคิดของการวิจัยและสมมติฐานการวิจัย



แผนภาพ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

แผนภาพ 1.1 อธิบายกรอบแนวคิดที่เชื่อมโยงหลักการ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่กระทบต่อการทำงานของสมองส่วนต่างๆ โดยส่งผลให้เกิดความผิดปกติหลายระบบแล้วนำมาซึ่งผลกระทบต่อกระบวนการทางปัญญา โดยการประเมินผลกระทบเหล่านี้จะต้องใช้โปรแกรมคัดกรองสำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุไทยที่ออกแบบโดยการคำนึงถึงความบกพร่องของการทำงานของสมองมิติต่างๆ ทั้งในระดับพื้นฐานและซับซ้อน ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการประเมินประกอบไปด้วยคะแนนเชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยพารามิเตอร์ที่บันทึกได้เหล่านี้จะประกอบไปด้วยลักษณะเด่น (Features) หรือลักษณะเฉพาะ (Attributes) ที่หลากหลาย ดังนั้นขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเครื่องจะถูกใช้เพื่อเรียนรู้จากลักษณะเด่นและเฉพาะของข้อมูลเหล่านี้ โดยอิงกับกฎการตัดสินใจหลากมิติที่เหมาะสม (Optimal multi-dimensional decision rules) สุดท้ายโปรแกรมคัดกรองฯ จะให้ค่าผลลัพธ์(Output) ที่ประกอบด้วย ค่าความแม่นยำ (Accuracy) ค่าความไว (Sensitivity) และค่าความจำเพาะ (Specificity) ที่สูงเหมาะสำหรับจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงต่อไป

ดังนั้นสมมุติฐานการวิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า (1) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมคัดกรองฯ ทั้งเชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ และเสี่ยง MCI มีความแตกต่างกัน (2) ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมคัดกรองสำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI จากกลุ่มปกติได้ และสุดท้าย (3) โปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นยังมีค่าความตรงและความเที่ยงในระดับสูงเช่นกัน

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ประกอบไปด้วยเนื้อหา 5 หัวข้อ ได้แก่ (1) ความหมายและลักษณะของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในกลุ่มผู้สูงอายุ (2) สาเหตุของการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (3) การประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (4) แนวทางในการป้องกันและชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก และ (5) คลื่นไฟฟ้าสมอง การเรียนรู้ของเครื่อง และภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ตามลำดับ

2.1 ความหมายและลักษณะของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (MCI) ถือเป็นระยะที่อยู่ระหว่างความเปลี่ยนแปลงจากความชราปกติไปสู่ภาวะสมองเสื่อมแบบอัลไซเมอร์ (Morris et al., 2001) ภาวะสมองเสื่อมในอดีตได้มีการใช้คำต่าง ๆ ที่บ่งบอกถึงความผิดปกติในระยะนี้ เช่น Benign Senescent Forgetfulness (ปี พ.ศ. 2505), Age-associated Memory Impairment (ปี พ.ศ. 2529) ส่วนคำว่า MCI นั้นเริ่มใช้ในปี พ.ศ. 2533 โดยผู้ป่วยที่เป็น MCI จะมีความผิดปกติทางด้านความสามารถของสมองโดยเฉพาะความจำที่ผู้ป่วยเอง ญาติ หรือแพทย์ผู้ดูแลสามารถบอกได้ว่ามีจริง อาจไม่มีความผิดปกติของสมองด้านอื่น ๆ หรือมีไม่มาก มีความผิดปกติของการทดสอบสุขภาวะทางจิต (Mental status) โดยยังไม่เข้าเกณฑ์การวินิจฉัยภาวะสมองเสื่อม ความสามารถในการทำกิจวัตรชนิดพื้นฐานและความสามารถในการทำกิจวัตรชนิดอุปกรณ์ต่างๆ ยังเป็นปกติ แต่อาจสูญเสียความสามารถในด้านการบริหารจัดการของสมอง (Executive function: EF) บางด้าน เช่น การบริหารจัดการรายรับรายจ่าย การชำระเงิน ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ แม้ปัจจุบันมีความสนใจในภาวะนี้เป็นอย่างมาก หรืออาจสรุปได้ว่า เกณฑ์การวินิจฉัย MCI พิจารณาได้จาก (1) มีหลักฐานว่ามีความจำบกพร่อง เมื่อเทียบกับกลุ่มผู้สูงอายุในช่วงวัยเดียวกัน (2) ความสามารถทางปัญญาและการทำงานโดยทั่วไป (General cognitive and functional abilities) ยังปกติ และ (3) ไม่ได้ถูกวินิจฉัยว่าเป็นภาวะสมองเสื่อม (Dementia) (Gauthier et al., 2006; Kelley & Petersen, 2007)

อย่างไรก็ตาม ข้อสรุปของคำนิยามของภาวะนี้ยังไม่แน่ชัด และสามารถแบ่งได้เป็นภาวะย่อยๆ ที่ยังมีข้อถกเถียง ทำให้อุบัติการณ์ของภาวะนี้มีตั้งแต่ร้อยละ 3 จนถึง 19 ต่อปี (Gauthier et al., 2006) ตั้งแต่ร้อย

ละ 1 ถึงร้อยละ 35 (Ward, Arrighi, Michels, & Cedarbaum, 2012) ขึ้นอยู่กับคำนิยามในการศึกษา ปัจจัยที่ทำให้คำนิยามของภาวะนี้ไม่แน่ชัด เกิดจากสาเหตุหลายประการ เช่น MCI เป็นภาวะที่มีความหลากหลาย ส่วนหนึ่งของผู้ป่วยอาจมีอาการเลวลง จนกลายเป็นโรคอัลไซเมอร์ได้ในอนาคต หรือการให้คำนิยามจากทีมวิจัยแต่ละกลุ่มที่ศึกษาภาวะนี้แตกต่างกัน บางกลุ่มต้องการให้มีความผิดปกติของความจำร่วมด้วยเสมอ เรียกว่า เป็น aMCI ในขณะที่บางกลุ่มกำหนดให้มีความผิดปกติของด้านอื่นที่ไม่ใช่ความจำก็ได้ เป็น naMCI (Petersen & Morris, 2005)

MCI เป็นภาวะสูญเสียความสามารถของสมองในการจดจำ โดยมีสาเหตุมาจากการเสื่อมของเซลล์ประสาทในสมอง (nucleus basalis of Meynert: nbM) (Liu, Chang, Pearce, & Gentleman, 2015; Mufson et al., 2000) ซึ่งแตกต่างจากการเสื่อมในภาวะปกติตามอายุขัย ปัจจัยที่ก่อให้เกิดการเสื่อมของเซลล์ประสาทที่มากกว่าภาวะปกติ ได้แก่ โรคหลอดเลือดสมอง (Cerebrovascular disease) (Bennett, Schneider, Bienias, Evans, & Wilson, 2005; Luchsinger et al., 2009; Vipin et al., 2018) การกลายพันธุ์ของยีน APOE (Banning, Ramakers, Deckers, Verhey, & Aalten, 2019; Devanand et al., 2005) และ *APOE*-**ε**4 (Rawle et al., 2018) อุบัติเหตุที่เกี่ยวข้องกับสมอง เนื้องอก การขาดวิตามินดี (25(OH)D3) (Ouma et al., 2018) การดื่มสุราในปริมาณที่มากเกินไป (Kim et al., 2012) หรือการใช้ยาบางชนิดที่มากเกินไป เป็นต้น

MCI ถือเป็นอาการเบื้องต้น ก่อนจะลุกลามกลายเป็นโรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์จากระยะน้อยปานกลาง ไปรุนแรงต่อไป โดยถ้าสามารถสังเกต MCI ได้ก่อนก็อาจจะช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดโรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ได้ ความชุกของการเป็นโรคอัลไซเมอร์ทั่วโลกอยู่ที่ 2-4 เปอร์เซ็นต์ที่ช่วงอายุ 65 ปีขึ้นไป ในสหรัฐอเมริกามีการบันทึกสถิติเกี่ยวกับผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ พบว่า มีการป่วยแบบทวีคูณมากขึ้นในทุกช่วงอายุ 5 ปี เช่น ช่วงอายุ 60-64 ปี มีการป่วยอยู่ที่ 1-2 เปอร์เซ็นต์ ช่วงอายุ 70-74 ปี เป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และช่วงอายุ 80-84 ปี พบ 31 เปอร์เซ็นต์ โรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์เป็นที่ทราบกันดีว่าไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้ อีกทั้ง ค่าดูแลรักษาค่อนข้างสูงอยู่ที่ประมาณวันละ 200-300 บาท (วรพรรณ เสนาณรงค์, 2559) ซึ่งถ้าคิดเป็นรายปีแล้วถือว่าค่อนข้างสูงมากเมื่อเทียบกับผู้ป่วยโรคอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นโรคหัวใจหรือโรคมะเร็ง (Alzheimer's Impact Movement, 2018) ดังนั้น การเฝ้าระวังอาการเบื้องต้นจึงเป็นการช่วยชะลอการเกิดโรค รวมถึงลดความรุนแรงของการเป็นโรคสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ได้ ซึ่งลักษณะของความผิดปกติที่อาจเป็นข้อบ่งชี้ของอาการภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก โดยพิจารณาจากความสามารถในการจดจำประเภทต่างๆ มีลักษณะดังต่อไปนี้

ความจำเหตุการณ์ (Episodic memory) เช่น เมื่อวานนี้ไปทานอาหารค่ำที่ใด สามวันก่อนไปซื้อของที่ห้างไหน หรือวันหยุดยาวเมื่อสิ้นปีที่แล้วไปเที่ยวไหนมา โดยผู้ป่วยที่มีการสูญเสียความจำในด้านนี้มีโอกาสที่จะพัฒนาไปเป็นสมองเสื่อมแบบอัลไซเมอร์มากกว่าการสูญเสียความจำแบบอื่น ๆ (Gallagher & Koh, 2011) ลักษณะเด่นของความจำเกี่ยวกับเหตุการณ์ที่พบในกลุ่มผู้สูงอายุ MCI ได้แก่ ความบกพร่องในการบูรณาการส่วนย่อยของคำหรือวัตถุเป็นองค์รวมในชีวิตประจำวัน ทั้งในมิติเวลา (Temporal) มิติสัมพันธ์ (Spatial) หรือความสัมพันธ์ประเภทอื่นๆ ซึ่งเรียกความบกพร่องนี้ว่า ความบกพร่องของความจำเชื่อมโยง (Associative memory) ยกตัวอย่างเช่น จำบุคคลนี้ได้แต่ไม่สามารถจำได้ว่าชื่ออะไร หรือจำไม่ได้ว่าไปเจอบุคคลนี้ที่ไหน (Dudas, Clague, Thompson, Graham, & Hodges, 2005; Irish, Lawlor, Coen, & O'Mara, 2011) โดยสมองตำแหน่งต่างๆ ที่เกี่ยวกับความจำประเภทนี้ คือ สมองกลีบขมับในส่วนกลาง Medial Temporal lobe (Race, Keane, & Verfaellie, 2011) รวมถึงสมองกลีบหน้า (Wheeler, Stuss, & Tulving, 1995) ส่วน Hippocampus Parahippocampus (Tromp, Dufour, Lithfous, Pebayle, & Després, 2015) และปริมาณเปลือกสมองใสส่วน Entorhinal (Pennanen et al., 2004)

ความจำความหมาย (Semantic memory) เช่น การจำความรู้ทั่วไป ชื่อสี เสียงของตัวอักษร นายกรัฐมนตรีคนแรกของไทย ชื่อเมืองหลวงของประเทศต่าง ๆ สีประจำชาติ ประจำวัน หรือสัญลักษณ์ประจำเมือง ซึ่งความบกพร่องเรื่องความจำความหมายนี้ ถือเป็นลักษณะเด่นประการหนึ่งของผู้สูงอายุกลุ่ม MCI (Joubert, Gardy, Didic, Rouleau, & Barbeau, 2021) นักวิจัยพบว่าตำแหน่งสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำเกี่ยวกับความหมายเป็นตำแหน่งเดียวกับความจำเกี่ยวกับเหตุการณ์ ได้แก่ ส่วน Hippocampus (Manns, Hopkins, & Squire, 2003; Ryan, Cox, Hayes, & Nadel, 2008) และ Medial Temporal (Manns et al., 2003; Ryan, Lin, Ketcham, & Nadel, 2010)

ความจำเกี่ยวกับการดำเนินกิจกรรม (Procedural memory) เช่น การขับรถยนต์ การกดหมายเลขโทรศัพท์ พิมพ์ดีด การเล่นดนตรี และกีฬาต่าง ๆ โดยการทำงานของสมองส่วนนี้ คือ สมองกลีบขมับในสมองส่วนที่ควบคุมเกี่ยวกับการเคลื่อนไหวของร่างกาย และปมประสาทในการมองเห็น (Supplementary Motor Areas, Basal Ganglia and Cerebellum) (Matthews, 2015) อย่างไรก็ตาม หากเปรียบเทียบความจำประเภทนี้ระหว่างผู้สูงอายุปกติ และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจะพบว่ามีความแตกต่างไม่มากนัก (Zanetti et al., 2001)

ความจำขณะทำงาน (Working memory) ซึ่งเกี่ยวกับสมองกลีบขมับในส่วนหน้าทั้ง 2 ข้าง (Prefrontal Cortex) (Smith & Jonides, 1997) และ Hippocampus (Eriksson, Vogel, Lansner, Bergström, & Nyberg, 2015) โดยความจำรูปแบบนี้ ได้แก่ การจำหมายเลขโทรศัพท์ ขณะกดหมายเลขไป

ด้วยได้แม้ไม่ได้จดไว้ การจำแผนที่ ซอย ถนนเส้นต่าง ๆ ขณะขับรถไปตามสถานที่ต่างๆ ที่ไม่เคยไปมาก่อน คิดเลขในใจ โดยความจำขณะทำงานนี้ เมื่อจำได้แล้วไม่ได้ใช้ต่ออีกก็จะจำไม่ได้ในเวลาต่อมา ผู้ป่วยที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มต้นมีความบกพร่องในการระลึกถึงข้อมูลที่เพิ่งจดจำและในการเก็บจำข้อมูล (Retention) อีกด้วย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้เป็นกระบวนการสำคัญของความจำขณะทำงาน (Emrani et al., 2018; Gagnon & Belleville, 2011)

จากที่กล่าวมาทั้งหมด จะเห็นได้ว่าสมองทำงานเกี่ยวกับความจำหลากหลายรูปแบบที่เกี่ยวพันกับการใช้ชีวิตประจำวัน และในแต่ละส่วนของพื้นที่สมองก็ทำงานทั้งเหมือนและต่างกัน โดยความจำบางประเภทพบว่าแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างผู้สูงอายุปกติและผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก แต่ความจำบางประเภทยังเป็นที่ถกเถียง ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาจากหลักฐานอื่นๆ ประกอบ นอกเหนือไปจากการพิจารณาความจำแล้ว การทำงานของสมองด้านอื่นๆ สามารถอธิบายได้ถึงวิธีการวินิจฉัยแยกประเภท MCI ประเภทย่อย (MCI subtypes) ว่าผู้ป่วยมีภาวะการสูญเสียความสามารถทางสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำหรือไม่ และอาการบกพร่องเกี่ยวกับด้านความจำเพียงอย่างเดียวหรือมีอาการผิดปกติด้านอื่นร่วมด้วย ความบกพร่องด้านอื่นๆ ได้แก่ การทำหน้าที่ของสมองด้านทักษะความรู้ความเข้าใจ (Comprehension skills) เป็นความสามารถของบุคคลในการรับข้อมูลจัดระเบียบ และใช้ข้อมูลในการปรับตัวให้เหมาะสมกับความต้องการต่อสิ่งแวดล้อมรอบตัว ได้แก่ ทักษะความรู้ความเข้าใจทักษะทางกาย และทักษะทางจิต โดยสิ่งที่ครอบคลุมในส่วนทักษะความรู้ความเข้าใจ คือ การรับรู้ (Perception) ความใส่ใจ (Attention) การเรียนรู้ (Learning) การคิด (Thinking) ความจำ (Memory) ภาษา (Language) จินตนาการ (Imagination) การตัดสินใจ (Judgement) ความสามารถด้านภาพและมิติสัมพันธ์ (Visuospatial function) และการสูญเสียความสามารถในการบริหารจัดการของสมอง (EF) โดยลักษณะความเสื่อมที่กล่าวถึงนี้แตกต่างจากความเสื่อมของสมองที่มีอาการเด่นด้านความจำ (aMCI) ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกกลุ่มนี้จึงถูกเรียกว่า naMCI

ลักษณะของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบ naMCI มีความแตกต่างทั้งลักษณะอาการเด่นรวมถึงลักษณะโครงสร้างทางสมอง โดยผลการวิจัยพบว่าขนาดของสมองหลายตำแหน่ง ได้แก่ Hippocampus ตำแหน่ง the entorhinal cortex และ ตำแหน่ง the amygdala ขนาดลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบระหว่างผู้สูงอายุกลุ่ม aMCI กับ กลุ่ม naMCI และกับกลุ่มเปรียบเทียบ นอกจากขนาดของสมองตำแหน่งดังกล่าวแล้ว ความหนาของเปลือกสมอง ณ ตำแหน่ง the entorhinal cortex และตำแหน่ง the fusiform gyrus ยังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในระดับมากและมากที่สุดอีกด้วย (ค่าขนาดอิทธิพลแบบ Cohen’s d ระหว่าง aMCI vs naMCI เท่ากับ 1.2 และ 0.8 ตามลำดับ) (Csukly et al., 2016) เช่นเดียวกับผลการศึกษาระยะยาวเรื่องความแตกต่างระหว่างประเภทย่อยของ MCI และการดำเนินโรคสู่ภาวะสมองเสื่อม

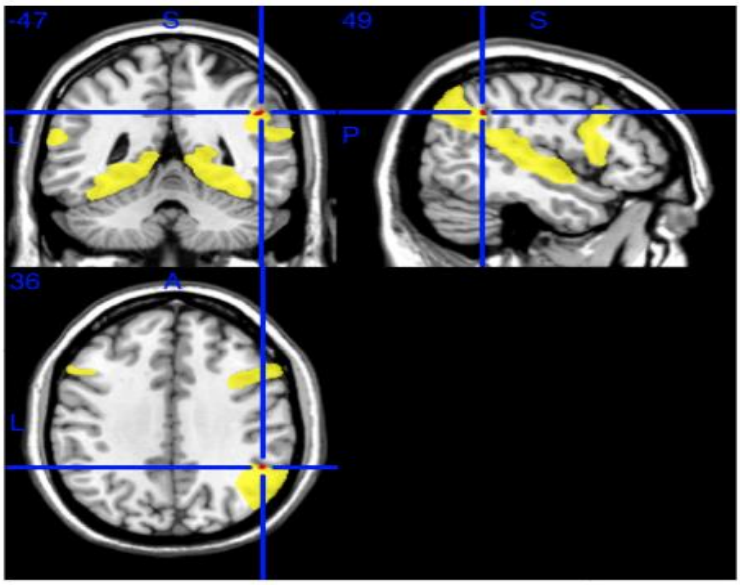
ประเภทต่างๆ ผลการวิจัยพบว่า ผู้สูงอายุในกลุ่ม aMCI มีโอกาสที่ความเสื่อมจะลุกลามไปเป็นภาวะสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์มากกว่ากลุ่มผู้สูงอายุ naMCI โดยในรายละเอียดการดำเนินโรคเข้าสู่ภาวะสมองเสื่อมภายในระยะเวลา 7.5 ปี ของ MCI กลุ่มต่างๆ เท่ากับ ร้อยละ 73 ในกลุ่ม aMCI ร้อยละ 71 ในกลุ่ม naMCI และร้อยละ 17.5 ในกลุ่มผู้สูงอายุปกติ (Jungwirth, Zehetmayer, Hinterberger, Tragl, & Fischer, 2012)

ยิ่งไปกว่านั้น ผู้สูงอายุทั้งในกลุ่ม aMCI และ naMCI ต่างมีกลไกพื้นฐานที่บกพร่องร่วมกันอยู่ คือ ความสามารถในการบูรณาการพหุประสาท (Multisensory integration: MSI) ที่เสื่อมลงมากกว่าผู้สูงอายุโดยทั่วไป โดย MSI สะท้อนถึงความสามารถของสมองในการประสานข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากวิถีประสาทสั่งการต่างๆ เพื่อสร้างการรับรู้ที่เป็นหนึ่งเดียว (Unified) (Wu et al., 2012) ยกตัวอย่างเช่น สมองของผู้สูงอายุในขณะขับรถ การขับรถบนถนนอาจเต็มไปด้วยสิ่งเร้าประเภทต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นสิ่งเร้าทางการมอง ทางการได้ยิน ทางการได้กลิ่น และทางการสัมผัส เป็นต้น ซึ่งสมองเองจำเป็นที่ต้องรับข้อมูลผ่านวิถีประสาทไม่ว่าจะเป็นภาพถนน ภาพป้ายโฆษณา สัญญาไฟจราจร รถคันอื่นๆ ที่ขับผ่าน เสียงบีบแตรจากรถคันอื่น เสียงเพลงในรถ เสียงนกหวีดจากตำรวจจราจรที่เป่าให้สัญญาณ กลิ่นน้ำยาปรับอากาศ กลิ่นไอเสียภายในรถ กลิ่นควันภายนอก รวมถึงความรู้สึกขณะจับพวกมาลัย หมุนหรือกดปุ่มเปลี่ยนเพลงในรถ กดเปิดกระจก เหยียบรถเร่งหรือเบรค เป็นต้น นอกจากนี้ MSI ยังมีความจำเป็น เนื่องด้วยเป็นกระบวนการหลักที่ทำให้เราระลึกได้ถึงสิ่งเร้านำเข้าที่มาจากหลายแหล่งถึงแม้จะมีที่มาจากวัตถุเดียวกัน (Koelewijn, Bronkhorst, & Theeuwes, 2010)

งานวิจัยที่ผ่านมาหลายชิ้นพบว่าผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ต่างมีความเสื่อมของสมองในเรื่องการบูรณาการพหุประสาทขั้นพื้นฐาน เช่น การมองและการฟัง (Murray et al., 2018; Wu et al., 2012) ดังนั้นไม่ว่าผู้สูงอายุกลุ่ม aMCI หรือ naMCI ต่างมีความเสื่อมในเรื่องการบูรณาการพหุประสาทเช่นกัน โดยความเสื่อมนี้เป็นกระบวนการพื้นฐานของทั้ง (1) การลงรหัสข้อมูลความจำ (Memory encoding) ในความจำขณะคิด (Working memory) (Quak, London, & Talsma, 2015) โดยเฉพาะในส่วน Episodic buffer ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการบูรณาการข้อมูลทั้งภาพ มิติสัมพันธ์ หรือสัมผัส (Baddeley, 2000) (2) ความใส่ใจ ซึ่งทั้ง MSI และความใส่ใจต่างสัมพันธ์กันในแง่กระบวนการบูรณาการพหุประสาทที่ต้องอาศัยความใส่ใจทั้งในลักษณะความใส่ใจแบบ Top-down และ Bottom-up โดยเฉพาะในกระบวนการจับคู่ความสอดคล้อง (Congruency matching) มีสิ่งเร้าทั้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องปรากฏในสิ่งแวดล้อมตรงหน้า ความใส่ใจเป็นตัวแปรสำคัญในการเพ่งไปที่สิ่งเร้าที่เกี่ยวข้องและยับยั้งสิ่งเร้าที่ไม่เกี่ยวข้อง หรือตัวกวน (Distractor) (Talsma, Senkowski, Soto-Faraco, & Woldorff, 2010) และ (3) การบริหารจัดการของสมอง หรือ EF และ MSI ต่างสัมพันธ์กันในลักษณะการใช้กิจวัตรประจำวันของผู้สูงอายุที่ต้องคิด วางแผน ลงมือทำ เมื่อความสามารถในการประมวลผลการรับและส่งความรู้สึกเสื่อมลง ทำให้ความสามารถในการควบคุม จัดระบบ และประสาน

ข้อมูลจากสิ่งแวดล้อมในชีวิตประจำวันลดลงไปด้วย ซึ่งสุดท้ายความเสื่อมเหล่านี้ก็กระทบกับการบริหารจัดการของสมองที่ผิดปกติไป (Executive dysfunction) (Engel-Yeger & Rosenblum, 2021)

นอกจากนี้ หลักฐานเชิงประจักษ์ของ MSI ที่เสื่อมลงในผู้สูงอายุสามารถพิจารณาจากปริมาณของเนื้อสมองส่วนสีเทา ณ ตำแหน่ง Angular gyrus ฝั่งขวา ซึ่งอาจเป็นศูนย์กลางประสานประสาท หรือ “Cross-modal hub” ที่แตกต่างกันระหว่างผู้ใหญ่วัยกลางคนกับผู้สูงอายุ ดัง**แผนภาพ 2.1** โดยอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการบูรณาการพหุประสาท ณ ตำแหน่ง Angular gyrus ฝั่งขวา สะท้อนกระบวนการ MSI ในลักษณะบูรณาการภายหลัง (Late integration) (Koelewijn et al., 2010)



แผนภาพ 2.1 ความแตกต่างระหว่างสองกลุ่มอายุ (ผู้ใหญ่และผู้สูงอายุ) ระหว่างทำกิจกรรม MSI ณ ตำแหน่ง Angular gyrus ฝั่งขวา (Hirst et al., 2021) (ภาพประกอบได้รับอนุญาตจาก Elsevier ภายใต้เงื่อนไขภาพปลอดลิขสิทธิ์ the Creative Commons Attribution 4.0 International License: CC BY-NC-ND 4.0)

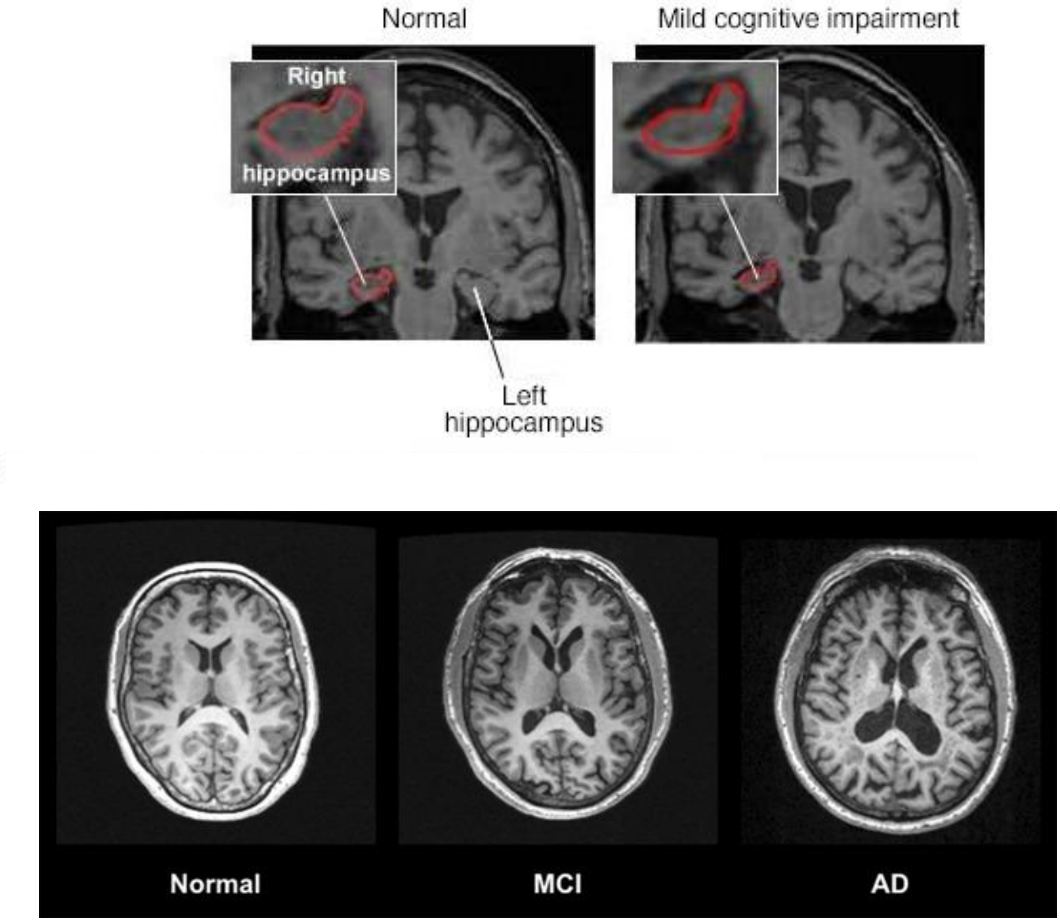
อย่างไรก็ตาม กระบวนการ MSI ในลักษณะบูรณาการแต่ต้น (Early integration) ถือเป็นอีกลักษณะที่พบได้เช่นกัน (Koelewijn et al., 2010) โดยในการประมวลผลข้อมูลทั้งภาพและเสียงอาจเกี่ยวข้องกับสมองหลายตำแหน่ง ได้แก่ Superior temporal sulcus (Noesselt, Bergmann, Heinze, Münte, & Spence, 2012) และ Superior colliculus (Alvarado, Stanford, Rowland, Vaughan, & Stein, 2009; Yu, Xu, Rowland, & Stein, 2014) ด้วยเหตุนี้ การสร้างแบบคัดกรองบนพื้นฐานของตัวแปรการบูรณาการพหุประสาท หรือ MSI จึงเป็นแนวคิดที่มีงานวิจัยสนับสนุนแน่นหนาทั้งในเชิงกระบวนการทำงานและ

โครงสร้างของสมอง อีกทั้ง ตัวแปร MSI ครอบคลุมโดยเป็นกระบวนการพื้นฐานทั้งความเสื่อมเด่นในเรื่องความจำและเด่นในเรื่องความเร็วในการประมวลผลที่ช้าลง ความใส่ใจและการบริหารจัดการของสมองในกลุ่ม aMCI และ naMCI ตามลำดับ

2.2 สาเหตุของการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

การหดตัวของสมอง (Atrophy) ข้อมูลจาก **แผนภาพ 2.2** สะท้อนภาวะการหดตัวของสมองส่วน Hippocampus ฝั่งขวา หรือเรียกว่า “Hippocampal atrophy” ซึ่งสามารถพบได้ตั้งแต่อยู่ในขั้นสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก โดยการเริ่มหดตัวนี้สัมพันธ์กับความเสื่อมของการทำงานของสมองจากเดิมที่ปกติ กลายเป็นเริ่มปรากฏความเสื่อมขึ้น ซึ่งความเสื่อมหรือเสียหายปรากฏทั้งจำนวนเซลล์ประสาท ณ ตำแหน่ง Hippocampus ลดลง และความหนาแน่นของจุดประสานประสาท (Synaptic density) ก็ลดลงด้วยเช่นกัน (Mueller et al., 2010) โดยเฉพาะการหด ณ ตำแหน่ง CA1 และ Subicular ของ Hippocampus ที่พบว่าเพิ่มโอกาสเสี่ยงของการดำเนินโรคจาก MCI ไปสู่อัลไซเมอร์ขึ้นหลายเท่าตัว (Apostolova et al., 2006) สำหรับสาเหตุของการหดตัวโดยเฉพาะในส่วนของ Hippocampus นั้นพบว่ามีหลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น ผู้สูงอายุที่เริ่มมีอาการ MCI ขณะเดียวกันมียีน APOE ε4 มีแนวโน้มเกิดการหดตัวของ Hippocampus ฝั่งซ้ายรวดเร็วกว่าฝั่งขวาหลายเท่า (Moon, Lee, & Choi, 2018)

งานวิจัยทบทวนอย่างเป็นระบบของ Tabatabaei-Jafari, Shaw & Cherbuin (2015) พบว่าปริมาณของเนื้อสมองหดตัวมากที่สุดประมาณ 2.2 เท่า ณ ส่วน Hippocampus ในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI เมื่อเทียบกับเนื้อสมองของผู้สูงอายุปกติ รองลงมาได้แก่ เปลือกสมองทั้งก้อนประมาณ 1.8 เท่า และเปลือกสมองส่วน Entorhinal ประมาณ 1.5 เท่า ตามลำดับ นอกจากนี้แล้ว การใช้อัตราการหดตัวของเปลือกสมองทั้งก้อนยังสามารถใช้ทำนายการดำเนินโรคจาก MCI ไปสู่ภาวะสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์ได้อีกด้วย (Spulber et al., 2010) อย่างไรก็ตาม การหดตัวของเนื้อสมองส่วนต่างๆ ยังเกี่ยวข้องกับลักษณะย่อย (Subtypes) ของ MCI ในผู้สูงอายุอีกด้วย กล่าวคือ ผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ที่มีอาการเด่นด้านความจำ จะมีเนื้อสมองในส่วน Mesial temporal ที่หดตัวเป็นหลัก แต่กลุ่ม MCI ที่มีอาการบกพร่องทางสมองหลายอาการ (Diffuse cognitive dysfunction) พบเนื้อสมองหดตัวในบริเวณ Heteromodal association (Bell-McGinty et al., 2005)



แผนภาพ 2.2 (ก) ภาพถ่าย MRI สมองส่วน Hippocampus ในผู้ป่วยที่มี MCI (Mayo clinic, 2019) และ (ข) สมองเนื้อเทามีขนาดบางลงในกลุ่ม MCI และกลุ่มผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ (AD) (Chandra, Dervenoulas, Politis, & Initiative, 2018) (ภาพประกอบได้รับอนุญาตจาก SpringerLink ภายใต้เงื่อนไขภาพปลอดลิขสิทธิ์ the Creative Commons Attribution 4.0 International License)

ภาวะซึมเศร้า ผู้ที่มีภาวะซึมเศร้าจะมีอาการหลงลืมได้ง่าย เนื่องจากขาดสมาธิจดจ่อ กระบวนการคิดไม่เป็นระบบ ตึงเครียด คิดลบต่อสิ่งรอบตัว พักผ่อนน้อยลง ไม่สามารถจดจำทั้งเหตุการณ์และคำพูดที่เป็นประเด็นสำคัญได้ ซึ่งบางครั้งแยกจากภาวะสมองเสื่อมยาก กล่าวคือ ภาวะซึมเศร้าเป็นปัจจัยเสี่ยงที่จะทำให้เกิด MCI หรือ ภาวะซึมเศร้าเป็นผลมาจากการเกิด MCI กันแน่ (Steffens, 2012) โดยอัตราความชุกของภาวะซึมเศร้าในผู้ป่วย MCI เท่ากับร้อยละ 32 (Ismail et al., 2017) แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยหลายชิ้นพบว่าภาวะซึมเศร้าเป็นตัวเร่งให้ผู้ป่วยที่มี MCI กลายเป็นโรคอัลไซเมอร์ได้เร็วขึ้นหลายเท่าตัว (Gabryelewicz et al., 2007; Modrego & Ferrández, 2004; Mourao, Mansur, Malloy-Diniz, Castro Costa, & Diniz, 2016;

Van der Mussele et al., 2014) โดยเฉพาะผู้สูงอายุในชุมชน (Tan et al., 2019) ภาวะซึมเศร้ามักจะพบในผู้ที่แยกตัวเอง มีสังคมหรือเพื่อนจำนวนน้อย และมีภาวะอื่นร่วมกระตุ้น เช่น การเกษียณอายุหรือถูกให้ออกจากงาน การป่วยเป็นโรคร้ายแรงหรือเรื้อรัง การสูญเสียคู่ครองหรือกลุ่มเพื่อนสนิท และการต้องย้ายที่อยู่ เป็นต้น

ภาวะพร่องวิตามินบี12 วิตามินบี12 ถือเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้สมองทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การขาดวิตามินบี12 อาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิด (Onset) MCI (Silva et al., 2013) ผ่านกลไก (ทางอ้อม) ระดับสาร Homocystein ในเลือดต่ำ (Health Quality, 2013) ส่วนสาเหตุการขาดวิตามินบี 12 อาจเนื่องจากผู้สูงอายุมักจะรับประทานอาหารได้น้อยลง รวมถึงปัญหาด้านการดึดซึมอาหาร หากมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น การสูบบุหรี่ หรือดื่มสุราก็จะเพิ่มความเสี่ยงของการขาดวิตามินบี 12 ได้เช่นกัน

ผู้ที่ติดสุราเรื้อรัง การดื่มสุรามากเกินไป (Alcohol Use Disorder: AUD) จะเพิ่มโอกาสที่เซลล์ประสาทถูกทำลาย หากดื่มในปริมาณมากอาจเป็นสาเหตุให้เกิด MCI (Rehm, Hasan, Black, Shield, & Schwarzinger, 2019)

ระดับไขมัน High-density lipoprotein cholesterol (HDL-C) ในเลือดต่ำช่วงวัยกลางคน สัมพันธ์กับการเกิด MCI และภาวะสมองเสื่อมในช่วงสูงอายุ (Svensson et al., 2019)

สาเหตุอื่นๆ ได้แก่ อายุที่เพิ่มขึ้น ความผิดปกติของระดับโปรตีน Amyloid ในเลือด (Ciarmiello et al., 2019) เปลือกสมองบางลงกว่าปกติ (Petersen et al., 2019) ความหนาแน่นของสมองเนื้อขาวลดลง สูญเสียตัวรับโดปามิเนอร์จิก (Dopaminergic receptors) (Mosti, Rog, & Fink, 2019) ระดับการศึกษาต่ำ (Vadikolias et al., 2012) ยีน APOE ε4 ยีน SORL1 (Arranz & De Strooper, 2019; Chou, Liao, Lee, Wang, & Fuh, 2016) โปรตีน Apolipoprotein J (ApoJ หรือเรียกว่า clusterin) (Gupta et al., 2016) โรคประจำตัว (เบาหวาน ความดันโลหิตสูง คอเลสเตอรรอลสูง) สูบบุหรี่ พักผ่อนไม่เพียงพอ (Hu et al., 2019) ขาดกิจกรรมทางสังคม และขาดการออกกำลังกาย (Deng et al., 2019) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ (Cooper, Sommerlad, Lyketsos, & Livingston, 2015) ถือเป็นตัวการเร่งการดำเนินโรคจาก MCI ไปสู่ภาวะสมองเสื่อมชนิดอัลไซเมอร์

2.3 การประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

การสัมภาษณ์ทางคลินิก ถือเป็นหนึ่งในองค์ประกอบสำคัญเพื่อให้เห็นภาพรวมทั้งหมดของการทำงานของสมองและอาการเสื่อมที่ปรากฏ โดยผู้ให้ข้อมูลหรือถูกสัมภาษณ์อาจไม่ใช่เพียงแค่คนไข้ แต่ข้อมูล

สำคัญจากคู่สมรส บุตร ลูกพี่ลูกน้อง ญาติสนิท หรือแม้แต่เพื่อน เนื่องจากในบางกรณีคนไข้เองขาดความตระหนักรู้ หรือไม่สังเกตุเห็นความเสื่อมที่เริ่มปรากฏ สำหรับการสัมภาษณ์อาจเริ่มประเมินจากภาษาที่คนไข้ใช้และความสามารถในการจดจำเหตุการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ส่วนความสามารถในการใช้ชีวิตประจำวันโดยเฉพาะความสามารถในการทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง ถือเป็นประเด็นสำคัญที่ต้องสอบถาม ยกตัวอย่างเช่น สอบถามถึงความสามารถในการดูแลตนเองของคนไข้ ไม่ว่าจะเป็นเรื่องความสะอาด การแต่งตัว การรับประทานอาหาร การทำตามนัดหมาย การจัดการทรัพย์สินเงินทอง ความสามารถในการขับรถ และการกินยาตามเวลา เป็นต้น (Mosti et al., 2019)

นอกจากนี้ ทั้งตัวคนไข้และผู้ให้ข้อมูลควรถูกถามในประเด็นเรื่องพฤติกรรม หรือบุคลิกภาพที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งพฤติกรรมที่เริ่มเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นตัวบ่งชี้ถึงภาวะสมองเสื่อมประเภท Frontotemporal dementia พฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปในที่นี้ คือ เปลี่ยนไปอย่างเด่นชัดเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น ไม่แยแส ขาดความสามารถในการยับยั้งตนเอง เบื่อหน่ายไม่อยากทำสิ่งใด เช่นเดียวกับการสอบถามประเด็นเรื่องอารมณ์และประวัติความเจ็บป่วยทางจิต เช่น โรคซึมเศร้า เนื่องด้วยคนไข้ MCI ประมาณร้อยละ 35 ถึง 75 ยอมรับว่าตนเองมีอาการทางจิตประสาทอย่างน้อยหนึ่งประเภท ซึ่งถือว่าสูงกว่าผู้สูงอายุทั่วไปที่ไม่มีภาวะ MCI (Apostolova & Cummings, 2008; Gallagher, Fischer, & Iaboni, 2017) ประวัติการกินยาในปัจจุบันและอดีตเป็นอีกประเด็นที่ควรสอบถาม รวมทั้งประวัติการใช้ยาเสพติดอาจเป็นอีกสาเหตุที่ทำให้การทำงานของสมองแปรเปลี่ยนไป สุดท้าย ประวัติภาวะสมองเสื่อมในครอบครัวและอายุโดยประมาณที่เกิดภาวะสมองเสื่อมนั้นของสมาชิกในครอบครัวควรถูกประเมินด้วยเช่นกัน (Scarabino, Gambina, Broggio, Pelliccia, & Corbo, 2016; Wolters et al., 2017) อย่างไรก็ตาม ข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ทางคลินิกอาจมีความคลาดเคลื่อนในหลายประเด็น เนื่องจากข้อมูลที่ได้มีลักษณะอัตนัย (Subjective) ขึ้นอยู่กับลักษณะข้อคำถาม ระดับการศึกษา บุคลิกลักษณะ และอารมณ์ของผู้ตอบ (Pfeifer et al., 2013) หรือขึ้นอยู่กับอารมณ์ บุคลิกภาพของผู้ถาม และความสัมพันธ์ของผู้ถามกับผู้ตอบ ดังนั้นแบบประเมินหรือแบบทดสอบจึงเป็นอีกหนึ่งแหล่งข้อมูลที่สำคัญ โดยข้อมูลที่ได้จะมีลักษณะปรนัย (Objective) มากกว่า แต่ละข้อคำถามของแต่ละด้านของแบบประเมินมีโครงสร้าง และการตีความหรือให้คะแนนชัดเจน

การใช้แบบประเมินภาวะสมองเสื่อม เมื่อพิจารณาจาก**ตาราง 2.1** ปัจจุบันในต่างประเทศมีแบบคัดกรองหรือแบบประเมินสำหรับกลุ่ม MCI ถึง 60 แบบ และ 8 แบบในประเทศไทย โดยแบบคัดกรองหรือแบบประเมินเหล่านี้สามารถแบ่งออกได้เป็นหลายประเภท ทั้งแบบที่ใช้เวลาเพียงระยะสั้นๆ ในการประเมิน หรือภายใน 1-5 นาที แบบที่ใช้เวลาปานกลางตั้งแต่ 5-15 นาที และแบบที่ใช้เวลานาน หรือต้องใช้เวลาประเมินมากกว่า 15 ถึง 20 นาที แบบคัดกรองหรือแบบประเมินบางประเภทใช้ในทางคลินิกแต่บางประเภทสามารถ

ในใช้การประเมินผู้สูงอายุในชุมชนได้ด้วย แบบคัดกรองและแบบประเมินบางประเภทเป็นแบบใช้กระดาษดินสอแต่บางประเภทใช้คอมพิวเตอร์ในการประเมินแบบคัดกรองและแบบประเมินบางประเภทใช้บุคลากรทางการแพทย์เป็นผู้ประเมินแต่บางประเภทให้ผู้สูงอายุประเมินตนเองหรือทำกิจกรรมทดสอบด้วยตนเอง สุดท้ายแบบคัดกรองและแบบประเมินบางประเภทครอบคลุมเพียงมิติเดียวของกระบวนการทางปัญญา (Unidimensional) แต่บางประเภทครอบคลุมหลายมิติ (Multidimensional) อย่างไรก็ตามถึงแม้ปัจจุบันจะมีแบบคัดกรองและแบบประเมินใช้เลือกใช้ในทางคลินิกหรือทางการวิจัยจำนวนหลายแบบ แต่แบบคัดกรองและแบบประเมินเหล่านี้ยังไม่ครอบคลุมกระบวนการทางปัญญาที่บกพร่องของ MCI (Robert et al., 2010) และที่สำคัญไปกว่านั้นยังพบข้อจำกัดในเรื่องการอ่านค่าและแปลผลแบบคัดกรอง รวมถึงข้อจำกัดในการทดสอบแบบคัดกรองในผู้สูงอายุที่อาศัยอยู่ในชุมชนอีกด้วย

แบบคัดกรองหรือแบบประเมินที่ใช้ในประเทศไทยมีรายละเอียด ดังนี้

แบบประเมิน Mini-Mental State Examination-Thai version (MMSE-T 2002) หรือแบบประเมินภาวะสมองเสื่อมเบื้องต้นฉบับภาษาไทย เป็นแบบคัดกรองมาตรฐานที่ใช้กันอย่างสากล กรมการแพทย์กระทรวงสาธารณสุขจึงนำมาแปลเป็นภาษาไทย (มุกดา หนุ่ยศรี, 2559) ผู้สูงอายุจะได้รับการสัมภาษณ์เพื่อประเมินประสิทธิภาพการทำงานของสมองและระบบประสาทจากคำถามและกิจกรรมจำนวน 11 ข้อ ในแต่ละข้อมีคำถามหรือคำสั่งย่อย คะแนนรวมเท่ากับ 30 คะแนน จุดเด่นของ MMSE-T 2002 คือ มีการชดเชยผลของระดับการศึกษาที่ส่งผลต่อคะแนน คือปรับคะแนนเต็มหรือตัดบางข้อสำหรับผู้ที่อ่านหนังสือไม่ออก และมีจุดตัดคะแนนขึ้นกับระดับการศึกษาของผู้สูงอายุ เหมือนกับ MMSE ต้นฉบับ โดยฉบับภาษาไทยแบ่งระดับการศึกษาออกเป็น 3 ช่วง คือ ไม่ได้เรียนหนังสือ (อ่านหนังสือไม่ออก) ตัดคำถามออก 3 ข้อ คะแนนเต็ม 23 มีจุดตัดคะแนนที่ 13/14 อีก 2 ระดับการศึกษาใช้แบบทดสอบทั้งชุด คะแนนเต็ม 30 คะแนน กรณีจบประถมศึกษา มีจุดตัดคะแนนที่ 16/17 และ หากผู้สูงอายุจบสูงกว่าประถมศึกษา ใช้จุดตัดคะแนนที่ 21/22 (สถาบันประสาทวิทยา, 2557) อย่างไรก็ตามแบบคัดกรองนี้มีข้อจำกัดในเรื่องลิขสิทธิ์ ซึ่งผู้ใช้หรือนักวิจัยจำเป็นต้องดำเนินการจัดซื้อจากบริษัทเจ้าของลิขสิทธิ์ในต่างประเทศ (Feldman, 2013)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบผลงานวิจัย จำนวน 4 เรื่องที่รายงานคุณสมบัติของ MMSE-T 2002 โดยมีค่าความไวในการคัดกรองภาวะสมองเสื่อม จาก 3 งานวิจัย คือ ร้อยละ 86 33 และ 48.68 โดยให้ค่าความจำเพาะจับคู่ตามลำดับความไว คือ ร้อยละ 92 88 และ 95.48 มี 2 งานวิจัยที่แสดงความแม่นยำในการจำแนก AUC ระหว่าง .66 – .94 (95%CI) (Julayanont et al., 2015; Silpakit, Silpakit, & Pukdeenaul,

2007; สมศรี กิตติพงศ์พิศาล, 2558; อรวรรณ์ คูหา, จิตนภา วาชวโรตม์, บูริณี บุญมีพิพิธ และนันทศักดิ์ ธรรมาวัตร์, 2551)

แบบประเมิน Thai Mental State Examination (TMSE) หรือแบบประเมินสภาพสมองของไทย ได้รับการพัฒนาโดยผู้วิจัยชาวไทยเพื่อใช้เป็นแบบคัดกรองในผู้ป่วยความจำเสื่อม โดยเน้นความรวดเร็ว มีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมกับวัฒนธรรมของคนไทย (กลุ่มฟื้นฟูสมรรถภาพสมอง, 2537) ผู้สูงอายุจะได้รับการสัมภาษณ์หรือให้ทำตามคำสั่งที่กำหนดในแบบทดสอบจำนวน 6 หัวข้อ ได้แก่ การระลึกได้ (Recall) การคำนวณ (Calculation) การรับรู้ (Orientation) ด้านภาษา (Language) ความใส่ใจ (Attention) และการจดจำ (Registration) ซึ่งรวมเป็นคะแนนเต็ม 30 คะแนน โดยผู้สูงอายุปกติจะได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 24 คะแนน (สถาบันประสาทวิทยา, 2557) TMSE มีจุดตัดคะแนนเดียวไม่มีการชดเชยระดับการศึกษา ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการใช้งาน TMSE (จงเจษฎ์ ยั้งสกุล, 2002) ในการศึกษาเพื่อพัฒนาแบบทดสอบปี พ.ศ. 2536 ผู้วิจัยรายงานความไวของแบบทดสอบที่ร้อยละ 93.98 และความจำเพาะ ร้อยละ 84.2 ในการทบทวนวรรณกรรมครั้งนี้พบว่ามีผลงาน 3 เรื่องที่ศึกษาคุณสมบัติของ TMSE ซึ่งรายงานค่าความไวที่ ร้อยละ 68.5 82 และ 75.52 และมีค่าความจำเพาะจากการศึกษาที่ ร้อยละ 88 70 และ 80.88 มีเพียงผลงานเดียวที่รายงานความแม่นยำในการจำแนก AUC คือ .81 (95%CI) (Senanarong et al., 2001; ศรนรินทร์ กาญจนะโนพินิจ, สุวิทย์ เจริญศักดิ์, & ฐิตวี แก้วพรสวรรค์, 2014; อรวรรณ์ คูหา และคณะ, 2551)

แบบประเมิน Informant Questionnaire of Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) หรือแบบประเมิน IQCODE เป็นแบบคัดกรองที่ใช้สัมภาษณ์ผู้ดูแลหรือผู้ที่ใกล้ชิด ในฐานะผู้ให้ข้อมูล (Informant) โดยสอบถามถึงความเปลี่ยนแปลงด้านการรู้คิดและการใช้ชีวิตของผู้สูงอายุในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา คำตอบแต่ละข้อเป็นรูปแบบมาตรลิเคิร์ต ช่วง 1-5 คะแนนสูง หมายถึงมีความรุนแรงหรือความเสื่อมมาก ข้อมูลจากผู้ดูแลทำให้ได้มุมมองอีกด้านหนึ่งนอกเหนือจากการสัมภาษณ์หรือให้ผู้สูงอายุทำกิจกรรมทดสอบ แบบประเมิน IQCODE ต้นฉบับจำนวน 26 ข้อ ซึ่งถูกแปลเป็นภาษาไทยโดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงรวมทั้งเพิ่มข้อคำถามเป็น 32 ข้อ ทั้งนี้แบบประเมิน IQCODE ยังมีฉบับย่อซึ่งประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวน 16 ข้อ (Harrison et al., 2015) จากการค้นคว้าในครั้งนี้ พบการศึกษาที่ใช้ประเมิน IQCODE ทั้ง 2 แบบ คือ แบบปรับปรุงและฉบับย่อ โดยแต่ละการศึกษามุ่งหาจุดตัดคะแนนที่ให้ค่าความไวและความจำเพาะที่ดีที่สุด ในกลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างกันไป

แบบประเมิน IQCODE ฉบับย่อ ถูกนำมาใช้ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างชาวไทย ในปี 2001 และ 2007 ทั้ง 2 งาน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาจุดตัดคะแนนที่ดีที่สุด (Optimal cut-off) โดยการศึกษาในปี 2001 พบว่าผู้ที่ได้คะแนนมากกว่า 3.47 ถือว่าเป็นผู้สูงอายุปกติ โดยเกณฑ์นี้ให้ค่า AUC ที่ .93 ความไวที่ร้อยละ 83.2 และ

ความจำเพาะที่ร้อยละ 86.2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์กับ TMSE ที่ -.68 (Senanarong et al., 2001) ซึ่งคะแนนจุดตัดดังกล่าวแตกต่างกับการศึกษาในปี 2007 ที่รายงานจุดตัดคะแนนที่ดีที่สุดคือ 3.25 ให้ค่า AUC ที่ .88 ความไวเท่ากับร้อยละ 83.5 และความจำเพราะที่ร้อยละ 81.5 ในการศึกษานี้รายงานว่า IQCODE มีความสัมพันธ์กับ MMSE-Thai 2002 ที่ระดับ -.68 (Silpakit et al., 2007) แม้การศึกษาทั้ง 2 รายงานจุดตัดคะแนนที่แตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างกันเพียง 0.22 คะแนน แต่ค่า Psychometric index ของ IQCODE ฉบับย่อจากทั้ง 2 งานวิจัยอยู่ในระดับสูง พบการศึกษาโดยใช้แบบคัดกรอง IQCODE ฉบับปรับปรุง จากงานวิจัยของ Siri, Okanurak, Chansirikanjana, Kitiyaporn, & Jorm (2006) โดยใช้เกณฑ์การวินิจฉัย DSM-V ในการแบ่งกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมและกลุ่มควบคุม แบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 100 คน คะแนนจุดตัดของแบบคัดกรองฉบับปรับปรุงคือ 3.42 ให้ค่าความไวคือ ร้อยละ 90 ความจำเพาะที่ระดับ ร้อยละ 95 ความแม่นยำ AUC ที่ .98 ในการศึกษานี้รายงานความสอดคล้องภายในของ IQCODE ฉบับปรับปรุงในระดับสูง คือ Cronbach’s alpha เท่ากับ .97 รวมทั้งรายงานค่าพยากรณ์ระดับสูงเช่นกัน (PPV เท่ากับ 94 และ NPV เท่ากับ 90) (Siri et al., 2006) เมื่อพิจารณาจุดตัดคะแนนของ IQCODE จากงานวิจัยจำนวน 3 เรื่อง โดยแบบคัดกรอง 2 รูปแบบ พบว่าคะแนนจุดตัดมีความใกล้เคียงกัน คือ 3.47 3.25 และ 3.42 คะแนนที่สูงของ IQCODE สะท้อนระดับความรุนแรงของความเสื่อม ดังนั้นจุดตัดคะแนนจึงเป็นคะแนนระดับต่ำ ที่ใช้คัดกรองผู้ที่มีความรุนแรงเกินระดับที่กำหนด หากแบบคัดกรองฉบับย่อและฉบับเต็มมีจุดตัดคะแนนที่ใกล้เคียงกัน ในทางปฏิบัติการใช้แบบคัดกรองที่จำนวนข้อที่น้อยกว่าจะช่วยประหยัดเวลาในการประเมินสัมภาษณ์ ทั้งนี้ในการศึกษาของ Senanarong et al. (2001) ยังเสนอว่าการใช้คำถามจำนวน 3 ข้อจากฉบับย่อ (ข้อ 5 9 แล 15) ยังให้ค่าความไวและความจำเพาะในระดับสูง (84.9% และ 92%)

แบบประเมิน Consortium to Establish a Registry for Alzheimer’s Disease (CERAD) หรือแบบประเมิน CERAD เป็นแนวทางการตรวจทางคลินิกและประเมินทางจิตประสาทที่ได้มาตรฐานสำหรับผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ ได้รับการแปลเป็นภาษาไทยในปี 2555 (สุขเจริญ ตั้งวงษ์ไชย และคณะ 2558) แบบประเมินประกอบด้วยการประเมิน 7 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลพื้นฐานของผู้ป่วย ข้อมูลพื้นฐานที่ผู้ดูแลให้ข้อมูลประวัติอาการทางคลินิก ผลการตรวจร่างกายและการตรวจทางระบบประสาท ผลการตรวจทางห้องปฏิบัติการและภาพสมอง ข้อมูลวินิจฉัยทางคลินิก ชุดประเมินด้านประสาทจิตวิทยา หรือ Neuropsychological battery ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมทดสอบ 7 การทดสอบ คะแนนเต็ม 100 คะแนน ประเมินด้านสมรรถภาพของผู้สูงอายุด้านความจำ การใช้ภาษา และ Praxis (Morris et al., 1989)

ในช่วง 20 ปีที่พบงานวิจัยที่ใช้ CERAD 2 งานวิจัย โดยในปี 2558 สุขเจริญ ตั้งวงษ์ไชยและคณะ ได้เผยแพร่รายงานการนำแบบประเมิน CERAD ที่ได้รับอนุญาตให้แปลเป็นภาษาไทยมาทดลองเก็บข้อมูล พบว่า

มีค่า Intraclass Correlation Coefficient (ICC) ของคะแนนรวมเท่ากับ .95 โดยมีระดับ ICC ของทั้ง 7 แบบทดสอบย่อยระหว่าง .79 – .95 มีความสัมพันธ์กับ MMSE อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .89 โดยผู้ป่วยอัลไซเมอร์มีคะแนนน้อยกว่า 62 คะแนน มีความไวเท่ากับร้อยละ 100 และความจำเพาะเท่ากับร้อยละ 82 และเสนอจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับ MCI ที่ 80 คะแนนลงไป จากจุดตัดนี้ทำให้ได้ค่าความไวร้อยละ 73 และควาจำเพาะร้อยละ 70 จากผลการศึกษาดังกล่าว รายงานค่า AUC อยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม คือ .99 ต่อมาในปี 2018 มีงานวิจัยที่ศึกษาความเหมาะสมในการนำ CERAD มาใช้ในการคัดกรอง MCI โดยรายงานคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่ม MCI เท่ากับ 82.7 (1.9) จากการวิเคราะห์ ROC รายงานดังกล่าวแสดงค่าความแม่นยำ AUC ของการใช้คะแนนรวม 7 แบบทดสอบย่อยเท่ากับ .79 และไม่ได้รายงานจุดตัดคะแนน แต่รายงานค่าความไวที่ร้อยละ 41.3 และความจำเพาะที่ร้อยละ 85 (Tunvirachaisakul et al., 2018)

แบบประเมิน Montreal Cognitive Assessment (MoCA) โดย MoCA ถูกออกแบบมาเพื่อใช้คัดกรอง MCI โดยการประเมินความสามารถทางปัญญา พิจารณาจาก 8 มุมมอง คือ ข้อมูลส่วนบุคคล ภาพและมิติสัมพันธ์/การบริหารจัดการ การเรียกชื่อ ความใส่ใจ ภาษา การคิดเชิงนามธรรม ความจำ และการระบุวันเวลาสถานที่ (Orientation) ผู้สูงอายุจะได้รับการสัมภาษณ์และทำกิจกรรมทดสอบ ใช้เวลาทดสอบประมาณ 10-15 นาที (Vichitvejpaisal et al., 2015) ลักษณะการทดสอบของ MoCA คล้ายกับ MMSE และ TMSE รวมทั้งแนวทางการแปลผลคะแนน คือ ผู้ที่ได้คะแนนสูงคือผู้ที่สามารถทำกิจกรรมทดสอบแต่ละด้านผ่าน (Moafmashhadi & Koski, 2013) คะแนนเต็มของ MoCA คือ 30 คะแนน ในแบบคัดกรองระบุว่าผู้สูงอายุปกติคือผู้ที่ได้คะแนนมากกว่าหรือเท่ากับ 26 คะแนน

ในประเทศไทยพบว่ามีนำ MoCA มาแปลและวิจัยเพื่อศึกษาหาค่าความตรงและความเที่ยงในปี 2009 โดยคณะผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลจากผู้สูงอายุกว่า 120 คน โดยวินิจฉัยแบ่งกลุ่มตัอย่างออกเป็น 3 กลุ่มคือ ผู้สูงอายุปกติ ผู้สูงอายุMCI และผู้สูงอายุ AD และนำข้อมูลชุดดังกล่าวมาวิเคราะห์ในผลงานวิจัย 2 เรื่อง ผลการวิจัยของ (Tangwongchai et al., 2009) รายงานความเที่ยงของ MoCA คือ Cronbach’s alpha เท่ากับ .91 คะแนนจุดตัดที่เหมาะสมสำหรับแบ่งผู้สูงอายุ MCI คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 24 คะแนน คะแนนจุดตัดสำหรับผู้สูงอายุ AD คือ น้อยกว่าหรือเท่ากับ 21 และให้บวกคะแนนเพิ่ม 1 คะแนนสำหรับผู้ที่มีการศึกษาน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี จะทำให้ได้ความไวและความจำเพาะที่ร้อยละ 80 (Hemrungrojn et al., 2009) ศึกษาเพิ่มเติมระบุแบบทดสอบย่อยใน MoCA ที่สามารถใช้ประเมินหรือคัดกรอง MCI ได้ พบว่า ด้านภาพและมิติสัมพันธ์ ด้านภาษา และ ด้านการระลึกของ MoCA สามารถใช้จำแนก MCI กับ ผู้สูงอายุปกติได้

ต่อมาในปี 2015 Julayanont et al. ศึกษาการนำแบบคัดกรอง MoCA-Basic มาใช้สำหรับผู้สูงอายุที่ไม่สามารถอ่านออกเขียนได้ (Illiteracy) หรือการศึกษาต่ำ MoCA-B ได้ปรับกิจกรรมทดสอบที่ต้องอาศัย

ความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ให้เหมาะสมกับผู้ที่ไม่สามารถอ่านออกเขียนได้แต่ยังคงประเมินด้านปัญญา (Cognitive domain) เดิม เช่น เปลี่ยนกิจกรรมโยงเส้นสลับตัวอักษรและตัวเลข เป็นสลับตัวเลขและจุด ซึ่งยังคงประเมินความสามารถในการวางแผนและความยืดหยุ่น (Mental flexibility) โดยคะแนนรวมยังเป็น 30 คะแนนเช่นเดิม และระบบการชดเชยคะแนนคือ ให้บวกคะแนนเพิ่ม 1 คะแนนสำหรับผู้ที่มีการศึกษาน้อยกว่า 4 ปี และ เพิ่ม 1 คะแนนให้ผู้สูงอายุที่อ่านไม่ออกเขียนไม่ได้โดยไม่จำกัดว่าจะมีระดับการศึกษากี่ปี ทั้ง 2 เงื่อนไขต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์ที่ว่าคะแนนน้อยรวมก่อนชดเชยน้อยกว่า 30 คะแนน ผลการศึกษาพบว่า MoCA-B มีความเที่ยงจากการประเมินแบบทดสอบซ้ำ (Test-retest) เท่ากับ .91 และ มีความสอดคล้องภายในเท่ากับ .82 ความแม่นยำในการวัด AUC เท่ากับ .90 โดยเสนอให้จุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับการคัดกรอง MCI คือ 24/25 คะแนน โดยให้ค่าความไวร้อยละ 81 และความจำเพาะที่ร้อยละ 86 เท่ากัน มีความถูกต้องในการจำแนกMCI จากกลุ่มคนปกติถึงร้อยละ 84 (Julayanont et al., 2015)

แบบประเมิน Rowland Universal Dementia Assessment Scale (RUDAS) ข้อคำถามในแบบประเมิน RUDAS มี 6 ข้อ ใช้เวลาในการทำประมาณ 10 นาที สามารถสะท้อนการทำงานของสมองส่วนหน้าและกระบวนการรู้คิดอย่างรอบด้าน ประกอบด้วย ความจำ praxis visuoconstruction ภาษา และภาพและมิติสัมพันธ์ คะแนนเต็ม 30 แบบประเมิน RUDAS ได้รับการแปลเป็นภาษาไทยเมื่อ พ.ศ. 2555 และศึกษาคะแนนจุดตัดและดัชนีจิตมิติของ RUDAS ต่อมามีการนำ RUDAS ไปเป็นเกณฑ์มาตรฐานกับมาตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ โดยมีรายละเอียดของทั้ง 2 ผลการศึกษาดังนี้

การศึกษาโดย Limpawattana, Tiamkao และ Sawanyawisuth (2012) เพื่อแปลและทดสอบความเหมาะสมของ RUDAS ในกลุ่มประชากรไทย รายงานว่า RUDAS ฉบับภาษาไทยมีความตรงเชิงเนื้อหาในระดับดี มีค่า I-CVI เท่ากับ .80 จุดตัดคะแนนที่จำแนกผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อม คือ ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 24 คะแนน อย่างไรก็ตามการศึกษาพบอิทธิพลของจำนวนปีที่ศึกษาต่อคะแนนรวม จึงเสนอให้ผู้ที่มีการศึกษาต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี ใช้จุดตัดคะแนนที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับ 23 คะแนน จึงทำให้ค่า AUC ของกลุ่มดังกล่าวเท่ากับ .79 (ความไวร้อยละ 71.43 ความจำเพาะ ร้อยละ 76.92) และกลุ่มผู้สูงอายุที่เรียนหนังสือมากกว่า 6 ปีและใช้จุดตัดคะแนนที่ 24 มีค่า AUC เท่ากับ .80 (ความไวร้อยละ 77 ความจำเพาะ ร้อยละ 70) (Limpawattana, Tiamkao, & Sawanyawisuth, 2012) อย่างไรก็ตามในปี พ.ศ. 2560 อรวรรณ ศิลปะกิจและคณะได้พัฒนาแบบประเมินภาวะสมองเสื่อมโดยใช้ RUDAS เป็นแบบประเมินเปรียบเทียบ ในงานดังกล่าวรายงานว่าจุดตัดคะแนนที่ใช้คัดกรองผู้ที่มีภาวะสมองเสื่อมสำหรับผู้สูงอายุที่มีการศึกษาต่ำกว่าหรือเท่ากับ 6 ปี (ประถม) คือ 19 คะแนน ให้ค่า AUC ถึง .93 (ความไวร้อยละ 95 ความจำเพาะ ร้อยละ 100) และจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับผู้สูงอายุที่มีระดับการศึกษาตั้งแต่มัธยมขึ้นไป คือ 21 คะแนน ให้ค่า AUC .99

(ความไวร้อยละ 90.9 ความจำเพาะ ร้อยละ 96.3) (อรวรรณ ศิลปกิจ, สมศรี กิตติพงศ์พิศาล, รสสุคนธ์ ชมชื่น, จักรกฤษณ์ สุขยิ่ง, & จุฬาลักษณ์ โกมลตรี, 2560)

แบบประเมิน Addenbrooke's cognitive examination III (ACE-III) หรือแบบประเมิน ACE-III ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อช่วยลดข้อจำกัดของแบบคัดกรอง MMSE ที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ถูกจำกัดการใช้เนื่องจากประเด็นลิขสิทธิ์ในปี 2001 โดย ACE-III เปิดให้ใช้ได้โดยไม่มีข้อจำกัด ทั้งนี้ยังได้รับการแนะนำจาก Department of Health and the Alzheimer's Society in the UK ให้สามารถใช้เป็นแบบคัดกรองทางเลือกแทน MMSE แบบคัดกรอง ACE-III สามารถประเมินภาวะสมองเสื่อมได้ตั้งแต่ระยะเริ่มแรก โดยมีคะแนนจุดตัดการคัดกรอง MCI แบบประเมินทางปัญญา 5 มิติ ประกอบด้วย ความใส่ใจ ความจำ ภาษา การใช้ภาษา และ ภาพและมิติสัมพันธ์ ใช้เวลาประมาณ 20 นาที คะแนนรวมเท่ากับ 100 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนสูงคือผู้ที่มีความสามารถทางปัญญาในระดับดี (Bruno & Schurmann Vignaga, 2019; Charernboon, Jaisin, & Lerthattasilp, 2016) พบกรศึกษาที่ใช้แบบ ACE ในกลุ่มตัวอย่างชาวไทย 2 งานวิจัย ที่ใช้แบบคัดกรอง ACE คนละรูปแบบ คือ ACE-III (ACE-T) และ Mini ACE (MACE-T) ในประเทศไทศ ACE-T ถูกนำมาแปลและศึกษาประสิทธิภาพแบบคัดกรองโดย Charernboon, Jaisin และ Lerthattasilp (2016) มีรายงาน Psychometric index หลายรูปแบบ อาทิ ความตรงลู่เข้า (Convergent validity) พบว่าคะแนนรวมของ ACE-T มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทั้ง MMSE (r=.83) และ MoCA (r=.85) ส่วนความเที่ยงงานวิจัยนี้นรายงานว่า ความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) มีความสัมพันธ์ถึงระดับ 1.0 ความสอดคล้องภายในได้ค่า Cronbach's alpha เท่ากับ 0.93 โดยแนะนำจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับจำแนก MCI ที่ 75/76 โดยจะให้ค่าความไวที่ร้อยละ 90 ความจำเพาะถึงร้อยละ 96 และความแม่นยำในการจำแนก ค่า AUC ที่ระดับ .98 สำหรับจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับภาวะสมองเสื่อม คือ 61/62 ซึ่งให้รายงานความสามารถในการคัดกรองในระดับดีเยี่ยม คือ ความไวที่ร้อยละ 100 ความจำเพาะร้อยละ 97 และความแม่นยำในการจำแนก ค่า AUC ที่ระดับ .99 โดย ACE-T ฉบับภาษาไทยนี้ใช้ระยะเวลาในการทำประมาณ 20-30 นาที โดยประมาณ (Charernboon et al., 2016)

ต่อมาในปี 2019 Thammanard Charernboon ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากการประเมินโดย ACE-T มาศึกษาความแม่นยำในการประเมินของ ACE ฉบับย่อ หรือ ACE-T ซึ่งแบบคัดกรองฉบับย่อได้ใช้กิจกรรมทดสอบเพียง 5 กิจกรรมปรากฏในฉบับเต็มมาใช้ทำให้ใช้เวลาเพียง 5 นาที คะแนนเต็มคือ 30 คะแนน จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าจุดตัดคะแนนที่เหมาะสมสำหรับ MCI คือ 21/22 มีค่าความไวร้อยละ 95 ความจำเพาะร้อยละ 85 ให้ค่าความแม่นยำ AUC ที่ .95 สำหรับการคัดกรองผู้มีภาวะสมองเสื่อมให้ใช้จุดตัดคะแนนที่ 16/17 ซึ่งจะให้ความไวถึงร้อยละ 95.8 ความจำเพาะร้อยละ 85 ความแม่นยำในการจำแนก AUC

ที่ .98 และแบบคัดกรองฉบับย่อยังมีความสอดคล้องภายใน Cronbach's alpha เท่ากับ .83 มีความสัมพันธ์สูงมากกับแบบคัดกรองฉบับเต็ม (*r*= .95) รวมทั้งมีความสัมพันธ์กับคะแนนของ TMSE สูงเช่นกัน (*r*=.87)

แบบทดสอบ The neurobehavioral Cognitive Status Examination (Cognistat Thai version 2010) แบบทดสอบ Cognistat ถูกพัฒนาเพื่อตรวจหาความบกพร่องทางการรู้คิดที่เกิดจาก Organic (สาเหตุทางชีวะ) โดยแบ่งการวัดออกเป็นมิติทั่วไป 3 มิติได้แก่ ระดับความรู้ตัว (Level of consciousness) การรับรู้ (Orientation) และความใส่ใจ โดยมีอีก 5 มิติหลัก ประกอบด้วย ภาษา construction ความจำ การคิดคำนวณและการใช้เหตุผล จุดเด่นของ Cognistat คือให้ข้อมูลความสามารถทางปัญญาในรูปแบบการวินิจฉัยกระบวนการ (Profile) คะแนนรวม 8 ด้าน สำหรับ 8 มิติข้างต้นจะมีคะแนนมัธยฐานและระดับความบกพร่องขอแต่ละมิติกำกับไว้ (Macaulay, Battista, Lebby, & Mueller, 2003) โดยผู้รับการประเมินจะต้องผ่านกิจกรรมคัดกรองในแต่ละมิติก่อนจึงจะได้รับการประเมินต่อไปในมิตินั้นๆ โดยกิจกรรมทดสอบได้เรียงลำดับจากง่ายไปหายาก (Kiernan, Mueller, Langston, & Van Dyke, 1987)

ทั้งนี้ในประเทศพบการศึกษาที่ใช้ Cognistat ฉบับภาษาไทย แปลโดย สุวิทย์ เจริญศักดิ์ จากต้นฉบับปี ค.ศ. 2010 การศึกษาคุณสมบัติของแบบคัดกรอง Cognistat Thai version 2010 โดย ศรนรินทร์ กาญจนะโนพินิจ, สุวิทย์ เจริญศักดิ์ และ ฐิตวี แก้วพรสวรรค์ (2557) ใช้แบบคัดกรอง TMSE มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการคัดกรองผู้สูงอายุกลุ่มที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีภาวะสมองเสื่อมและกลุ่มที่ไม่มีภาวะ ผลการศึกษารายงนว่า Cognistat ฉบับภาษาไทยมีค่าความไวเท่ากับร้อยละ 92 ค่าความจำเพาะมีระดับต่ำคือร้อยละ 34 ด้านค่าทำนายของแบบทดสอบ พบว่า ค่าทำนายเมื่อผลทดสอบเป็นบวก (Positive predictive value) มีค่าเท่ากับร้อยละ 58 และ ค่าพยากรณ์ลบ (Negative predictive value) มีค่าเท่ากับร้อยละ 80 การศึกษานี้พิจารณาความเที่ยงจาก 2 วิธีการคือ การทดสอบด้วยวิธีการทดสอบซ้ำ (Test-retest) ในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมพบค่า Kappa เท่ากับ .63 และในกลุ่มผู้สูงอายุปกติมีค่า Kappa เท่ากับ .55 และอีกวิธีการคือวิเคราะห์ความสอดคล้องภายใน (Internal consistency reliability) โดยแยกคำนวณในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง กลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมมีค่า Cronbach's alpha เท่ากับ .77 กลุ่มผู้สูงอายุปกติมีค่า Cronbach's alpha เท่ากับ .83

แบบคัดกรอง Seven Minute Screen (7MS) การพัฒนาแบบคัดกรอง 7MS เกิดจากการนำแบบคัดกรอง 4 แบบที่มีผลการศึกษาว่ามีความไวสูงในการจำแนกผู้มีภาวะสมองเสื่อมมารวมกัน โดยมีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาว่าแบบคัดกรองนี้จะต้องใช้ระยะเวลาสั้นและผู้ใช้งานได้รับการอบรมเพียงเล็กน้อยก็สามารถใช้งานได้ กิจกรรมทดสอบและความสามารถการรู้คิดที่ 7MS แบบประเมินประกอบด้วย ความจำทดสอบด้วย Enhanced cued recall การใช้ภาษาทดสอบด้วยความคล่องแคล่วเชิงจำแนกประเภท (Category fluency)

มิติสัมพันธ์ทดสอบด้วยแบบทดสอบ Clock Drawing Test (CDT) และการรับรู้เวลาทดสอบด้วย Benton Temporal Orientation Test จากการศึกษาเพื่อพัฒนาในปี 1998 พบว่าแบบคัดกรอง7MS ใช้เวลาในการทดสอบประมาณ 7 นาที 42 วินาที (Solomon et al., 1998) การศึกษาและแปล 7MS ภาษาไทยได้มีการปรับปรุงกิจกรรมทดสอบ 2 ส่วน คือ เปลี่ยนภาพในกิจกรรมทดสอบ Enhanced cued recall ให้เป็นสิ่งของที่คนไทยคุ้นเคยแต่ยังเป็นสิ่งของประเภทเดียวกับต้นฉบับ เช่น เปลี่ยนจาก องุ่น เป็น กล้วย และกิจกรรมทดสอบวาดภาพนา□กา เปลี่ยนเวลาจาก 3:40 เป็น 11:00 ผลการศึกษาหลังจากนำ 7MS ฉบับภาษาไทยที่ปรับปรุงนี้มาใช้กับผู้สูงอายุไทย พบว่า จากความเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่ให้คะแนน IOC ระหว่าง .84 – 1.0 แสดงว่าแบบคัดกรองภาษาไทยยังคงความตรงของเนื้อหาไว้แม้จะผ่านการปรับปรุงบางส่วน การทดสอบความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) รายงานความเที่ยงระดับสูง คือ ICC เท่ากับ .99 ค่าความไวของ 7MS ฉบับภาษาไทยอยู่ในระดับดีมาก คือ ร้อยละ 100 ด้านค่าความจำเพาะมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 88.4 ซึ่งให้ค่าความแม่นยำในการคัดกรอง AUC ที่ระดับ .96 (Sungkarat, Methapatara, Taneyhill, & Apiwong, 2011)

แบบคัดกรอง Mini-cog ซึ่ง แบบคัดกรองนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาคล้ายกับ 7MS คือสามารถจำแนกผู้ที่มีภาวะสมองเสื่อมด้วยแบบประเมินที่ใช้ระยะเวลาสั้นและง่ายต่อผู้ปฏิบัติงาน ไม่ต้องอาศัยความเชี่ยวชาญ และจุดเด่นของ Mini-Cog ที่แตกต่างออกไปคือ ไม่ได้รับผลกระทบจากระดับการศึกษาและการเข้าใจภาษาของผู้ถูกทดสอบ เนื่องจากแบบคัดกรองประกอบด้วยกิจกรรมทดสอบ 2 แบบ คือ การจำของ 3 สิ่ง และการวาดรูปหน้าปัดนา□กา (CDT) หลักการให้คะแนนคือหากผู้ถูกทดสอบสามารถตอบคำที่ให้จำได้ทั้งหมดได้ 3 คะแนนและแสดงว่าไม่มีภาวะสมองเสื่อม หากจำไม่ได้เลย ได้ 0 คะแนน ถือว่ามีภาวะสมองเสื่อม และหากจำได้ 1-2 คำ ให้ดูผลการประเมิน CDT ถ้าผลการวาดภาพปกติ ถือว่าไม่มีภาวะ แต่หากภาพที่วาดไม่ปกติให้แปลผลว่ามีภาวะสมองเสื่อม (Borson, Scanlan, Brush, Vitaliano, & Dokmak, 2000) ใช้เวลาในการทดสอบ 2-4 นาทีเท่านั้น อย่างไรก็ตาม Mini-Cog ยังไม่เหมาะสมที่จะใช้คัดกรอง MCI (พิชญา กุศลารักษ์ & ดาวชมพู นาคะวิโร, 2555)

การศึกษาคุณสมบัติการคัดกรองของ Mini-Cog ในประเทศไทยเป็นการศึกษาความตรงหลักจากปรับปรุงหลักการคิดคะแนนและการศึกษาความเที่ยง การศึกษาแรกปรับเปลี่ยนวิธีการคิดคะแนนคือในขั้นแรกการทดสอบจำคำ 3 คำนั้น หากหากตอบได้ 1 คำ จะพิจารณาผล CDT ต่อก่อนจะประเมินผล แต่การปรับรูปแบบการแปลผลของพิชญา กุศลารักษ์, & ดาวชมพู นาคะวิโร (2555) ให้แปลผลผู้ที่ได้ 1 คะแนนว่ามีภาวะสมองเสื่อม โดยจะพิจารณาผลของ CDT สำหรับผู้ที่ได้คะแนน 2 หรือ 3 คะแนนจากการทดสอบการจำคำ รูปแบบการแปลผลนี้ให้ค่าความไวและความจำเพาะแตกต่างจากรูปแบบการแปลผลเดิมเล็กน้อย คือ ร้อยละ

72.8 และร้อย 97.6 (รูปแบบเดิม ร้อยละ 66.7 และร้อยละ 98.4) ตามลำดับ และมีค่าความแม่นยำในการจำแนก AUC ที่ร้อยละ 85.2 (รูปแบบเดิม ร้อยละ 82.5) จากการศึกษาในผู้สูงอายุปกติ พบว่า Mini-Cog มีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินในระดับดี คือ Kappa เท่ากับ .80 และมีความสัมพันธ์กับ MMSE-Thai 2002 ในระดับปานกลาง (*r*=.47) (Trongsakul, Lambert, Clark, Wongpakaran, & Cross, 2015) Brief Community Screening Instrument for Dementia (CSI-D) แบบคัดกรอง CSI-D ถูกพัฒนาขึ้นจากการศึกษาองค์ประกอบของการรู้คิดที่มีอยู่ในแบบคัดกรองที่ได้รับความนิยม อาทิ Cambridge Mental Disorders of the Elderly Examination (CAMDEX), MMSE, Dementia Rating Scale, Comprehensive Assessment and Referral Evaluation (CARE) และ East Boston Memory Test และเลือกกิจกรรมทดสอบที่สามารถประเมินความสามารถทางการรู้คิดในหลายด้าน ก่อนจะนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างในหลายประเทศ โดยแบบ CSI-D เป็นแบบประเมินที่มีทั้งส่วนทดสอบความสามารถของผู้สูงอายุ (Cognitive score: CS) คะแนนสูงในส่วนนี้บ่งบอกความสามารถของการรู้คิด และส่วนข้อมูลความสามารถในการดำเนินชีวิตประจำวันจากญาติหรือผู้ดูแล (Informant score: IS) คะแนนสูงหมายถึงมีความบกพร่อง คะแนนรวมของ CSI-D เกิดส่วนต่างของคะแนนทั้ง 2 ส่วน (Df = CS - IS) การใช้คะแนนรวมจากทั้ง 2 ส่วนให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าใช้คะแนนจากการประเมินความสามารถของผู้สูงอายุเพียงส่วนเดียว (Hall et al., 2000)

ในปี พ.ศ. 2560 CSI-D ได้รับการแปลเป็นภาษาไทยและนำมาศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติกับแบบประเมินมาตรฐานทางจิตวิทยาที่ใช้กับผู้ป่วยสมองเสื่อม เช่น ADAS-COG, Trial Making เป็นต้น CSI-D ฉบับภาษาไทยประกอบด้วยคำถามในส่วน CS 7 ข้อ คะแนนเต็ม 9 คะแนน และส่วน IS 6 ข้อ คะแนนสูงสุด 6 คะแนน ผลการศึกษารายงานจุดตัดคะแนนที่แม่นยำที่สุดของส่วน CS คือ คะแนนน้อยกว่าหรือเท่ากับ 7 คะแนน ให้ค่าความไวร้อยละ 59.6 และความจำเพาะร้อยละ 68.5 ในส่วนผลต่าง (Df) คะแนนที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 เป็นจุดตัดที่ดีที่สุด ให้ค่าความไวร้อยละ 52.8 และความจำเพาะร้อยละ 83 ค่าความไวจากจุดตัดทั้ง 2 แบบอยู่ในระดับต่ำกว่าการศึกษาในประเทศอื่นๆ เช่นเดียวกับค่าความแม่นยำ AUC ที่อยู่ในระดับต่ำ โดยการจำแนกภาวะสมองเสื่อมในระยะเริ่มต้นให้ค่าเท่ากับ .63 (อรวรรณ ศิลปกิจ, ปริทรรศ ศิลปกิจ, สมศรี กิตติพงศ์พิศาล, และรสสุคนธ์ ชมชื่น, 2560)

แบบทดสอบ Chula Mental Test (CMT) จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการลด False positive ที่เกิดจากผู้ถูกประเมินขาดทักษะที่เกี่ยวข้องทางวิชาการหรือแบบประเมินนั้นต้องอาศัยความรู้หรือมีการศึกษาในระดับที่สามารถเข้าใจแบบประเมินได้ จึงเกิดการพัฒนาแบบคัดกรองสมองเสื่อมสำหรับประเทศที่ยังด้อยพัฒนาเนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ยังมีการศึกษาในระดับต่ำ ซึ่งระดับการศึกษามีอิทธิพลต่อผลการประเมินคัดกรองภาวะสมองเสื่อม โดยเลือกกิจกรรมประเมินที่ไม่ต้องอาศัยทักษะการอ่านหรือเขียน CMT ประเมิน

ความสามารถการรู้คิดหลายด้าน อาทิ ความจำ ประเมินทั้ง Recent, Immediate และ Semantic memory, Orientation, ภาษา, ความใส่ใจ, การคิดเชิงนามธรรม, การตัดสินใจ และการคำนวณ รวมเป็นคำถามทั้งสิ้น 13 ข้อ คะแนนรวมเท่ากับ 19 คะแนน ผู้ที่ได้คะแนนต่ำกว่าหรือเท่ากับ 15 คะแนน ให้ประเมินว่ามีภาวะสมองเสื่อม (Jitapunkul, Lailert, Worakul, Srikiatkhachorn, & Ebrahim, 1996; วรพรรณ เสนาณรงค์, นบวรรณ ศิวะศริยานนท์, สุทธิชัย จิตตะพันธ์กุล, และนิพนธ์ พวงวรินทร์, 2541) การศึกษาแบบติดตามผลการประเมินโดยใช้ CMT ภายในระยะเวลา 2 ปี แสดงให้เห็นประสิทธิภาพของ CMT และการปรับจุดตัดคะแนนให้เหมาะสมกับบริบท Jitapunkul et al. (2009) ใช้ข้อมูลที่เก็บจากผู้สูงอายุที่อยู่ในชุมชนโดยเมื่อใช้จุดตัดคะแนนจากงานวิจัยต้นฉบับ (Jitapunkul et al., 1996) ที่ 14/15 และจุดตัดใหม่จากงานวิจัยนี้ คือ 15/16 พบว่าให้ค่าคุณสมบัติการวัดที่แตกต่างกัน โดยจุดตัดใหม่ให้ค่าความไวเพิ่มจากเดิม คือ ร้อยละ 74 เป็นร้อยละ 91 แต่ให้ค่าความจำเพาะลดลงจาก ร้อยละ 86 เป็น ร้อยละ 76 โดยจุดตัดใหม่ให้ค่า ROC ที่ .89 คณะผู้วิจัยจึงแนะนำให้ใช้จุดตัดคะแนน 14/15 สำหรับหน่วยงานสถาบัน (Institutional setting) และจุดตัด 15/16 สำหรับหน่วยพยาบาลปฐมภูมิหรือในชุมชน ซึ่งเห็นว่า CMT มีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานซึ่งอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน (อสม.) สามารถนำไปใช้งานได้

ตาราง 2.1 ตัวอย่างแบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในต่างประเทศและประเทศไทย (ดัดแปลงจาก ณัฐินี ณ เชียงใหม่ และพีร วงศ์อุปราช, 2563)

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
1	AB Cognitive Screen (ABCS) (Molloy, Standish, & Lewis, 2005)	Chula Mental Test (CMT) (Jitapunkul, Lailert, Worakul, Srikiatkhachorn, & Ebrahim, 1996)
2	Abbreviated Mental Test (AMT) (Hodkinson, 1972)	Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly – Thai version (IQCODE-Thai) (Senanarong et al., 2001)
3	Addenbrooke's Cognitive Examination – Revised (ACE-R)	Mini-Cog – Thai version (Trongsakul, Lambert, Clark, Wongpakaran, & Cross, 2015)

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
	(Mioshi, Dawson, Mitchell, Arnold, & Hodges, 2006)	
4	Blessed-Roth Information-Memory-Concentration test (Jin et al., 1989)	Mini-Mental State Examination - Thai version (MMSE-Thai) (สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ, 2545)
5	Brief Alzheimer Screen (BAS) (Mendiondo, Ashford, Kryscio, & Schmitt, 2003)	Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (Hemrungrojn, 2007)
6	Brief Cognitive Scale (BCS) (Krishnan et al., 2001)	Rowland Universal Dementia Assessment Scale - Thai version (RUDAS-Thai) (Limpawattana, Tiamkao, & Sawanyawisuth, 2012)
7	Cambridge Cognitive Examination (CAMCOG) (Roth et al., 1986)	Seven Minute Screen – Thai version (7MS) (Sungkarat, Methapatara, Taneyhill, & Apiwong, 2011)
8	Chula Mental Test (CMT) (Jitapunkul et al., 1996)	Thai Mental State Examination (TMSE) (Train the Brain Forum Committee, 1993)
9	Clock Drawing Test (CDT) (Todd, Dammers, Adams, Todd, & Morrison, 1995)	
10	Cognitive Abilities Screening Instrument (CASI) (Teng et al., 1994)	
11	Cognitive Assessment Screening Test (CAST) (Drachman et al., 1996)	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
12	Cognitive Capacity Screening Examination (CCSE) (Jacobs, Bernhard, Delgado, & Strain, 1977)	
13	Cognitive State Test (CST) (Babacan-Yildiz et al., 2013)	
14	Computer-Administered Neuropsychological Screen for Mild Cognitive Impairment (CANS-MCI) (Tornatore, Hill, Laboff, & McGann, 2005)	
15	Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease (CERAD) (Morris, Mohs, Rogers, Fillenbaum, & Heyman, 1988)	
16	Dementia Questionnaire (DQ) (Silverman, Breitner, Mohs, & Davis, 1986)	
17	DemTect (Kalbe et al., 2004)	
18	Deterioration Cognitive Observee (DECO) (Ritchie & Fuhrer, 1996)	
19	Enhanced Cued Recall (ECR) test (Grober, Buschke, Crystal, Bang, & Dresner, 1988)	
20	Fototest (Phototest) (Cristobal Carnero-Pardo et al., 2011; Carnero-	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
	Pardo, Sáez-Zea, Montiel-Navarro, Feria-Vilar, & Gurpegui, 2011)	
21	Free and Cued Selective Reminding Test (FCSRT) (Ellen Grober, Sanders, Hall, & Lipton, 2010)	
22	Fuld Object Memory Evaluation (FOME) (Wall, Deshpande, MacNei, & Lichtenberg, 1998)	
23	General Practitioner Assessment of Cognition (GPCOG) (Brodaty et al., 2002)	
24	Hasegawa Dementia Scale - Revised (HDS-R) (Jeong et al., 2007)	
25	Hasegawa Dementia Scale (HDS) (Tsai & Gao, 1989)	
26	Hopkins Verbal Learning Test (HVLT) (Brandt, 1991)	
27	Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) (Jorm & Jacomb, 1989)	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
28	Kimberley Indigenous Cognitive Assessment tool (KICA-Cog) (LoGiudice et al., 2006)	
29	Literacy Independent Cognitive Assessment (LICA) (S. H. Choi et al., 2011)	
30	Memory Alteration Test (M@T) (Cristóbal Carnero-Pardo et al., 2011)	
31	Memory Impairment Screen (MIS) (Buschke et al., 1999)	
32	Mini-Cog (Borson, Scanlan, Brush, Vitaliano, & Dokmak, 2000)	
33	Mini-Mental State Examination (MMSE) (Folstein, Folstein, & McHugh, 1975)	
34	Minnesota Cognitive Acuity Screen (MCAS) (Knopman, Knudson, Yoes, & Weiss, 2000)	
35	Modified Mini-Mental State Examination (3MS) (Teng & Chui, 1987)	
36	Modified WORLD Test (WORLD) (Leopold & Borson, 1997)	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
37	Montpellier Screen (Mont) (Artero & Ritchie, 2003)	
38	Montreal Cognitive Assessment (MoCA) (Nasreddine et al., 2005)	
39	Neurobehavioral Cognitive Status Examination (NCSE) (Kiernan, Mueller, Langston, & Van, 1987)	
40	Prueba Cognitiva de Leganés (PCL) (Prince, 2004)	
41	Rapid Dementia Screening Test (RDST) (Kalbe, Calabrese, Schwalen, & Kessler, 2003)	
42	Rotterdam Version of the Cambridge Cognitive Examination (R-CAMCOG) (Koning, Dippel, Kooten, & Koudstaal, 2000)	
43	Seven Minute Screen (7MS) (Meulen et al., 2004)	
44	Short and Sweet Screening Instrument (SASSI) (Belle, Mendelsohn, Seaberg, & Ratcliff, 2000)	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
45	Short Memory Questionnaire (SMQ) (Koss, Patterson, Ownby, Stuckey, & Whitehouse, 1993)	
46	Short Orientation Memory Concentration Test (S-OMC) (Katzman et al., 1983)	
47	Short Portable Mental Status Questionnaire (SPMSQ) (Pfeiffer, 1975)	
48	Short Test of Mental Status (STMS) (Kokmen, Naessens, & Offord, 1987)	
49	Six Item Screener (SIS) (Callahan, Unverzagt, Hui, Perkins, & Hendrie, 2002)	
50	St. Louis University Mental Status Examination (SLUMS) (Tariq, Tumosa, Chibnall, Perry, & Morley, 2006)	
51	Stick Design Test (SDT) (Baiyewu et al., 2005)	
52	Symptoms of Dementia Screener (SDS) (Mundt, Freed, & Greist, 2000)	
53	Symptoms of Early Dementia-11 Questionnaire (SED-11Q) (Maki, Yamaguchi, & Yamaguchi, 2013)	

ลำดับ	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI	แบบประเมินหรือแบบคัดกรอง MCI ที่ใช้ในไทย
54	Takeda Three Colors Combination Test (TTCC) (Takeda, Nakagome, Tajime, & Saito, 2009)	
55	The Chinese Abbreviated MCI (CAMCI) test (Lam et al., 2008)	
56	Three Word Recall (3WR) (Kuslansky, Buschke, Katz, Sliwinski, & Lipton, 2002)	
57	Time and Change (T&C) (Froehlich, Robison, & Inouye, 1998)	
58	Trail making Test (TMT) (Reitan, 1958)	
59	Vellore Screening Instrument for Dementia – Patient (VSID-P) (Stanley et al., 2009)	
60	Verbal Fluency–Categories (VFC) (Isaacs & Kennie, 2018)	

2.4 แนวทางในการป้องกันและชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

ข้อมูลที่ระบุข้างต้นถึงสาเหตุและโอกาสที่จะพัฒนาจากภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกไปเป็นภาวะสมองเสื่อมหรือโรคอัลไซเมอร์ในผู้ผู้สูงอายุบางคน อย่างไรก็ตามถึงแม้จะยังไม่มีแนวทางการรักษาที่มีประสิทธิภาพ แต่งานวิจัยในปัจจุบันหลายชิ้นระบุถึงผลดีของการป้องกันและชะลอการเกิดภาวะสมองเสื่อมในผู้ป่วยภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

การออกกำลังกายเป็นประจำ กล่าวคือ งานวิจัยที่ศึกษาโดยใช้กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุขนาดใหญ่ พบว่าการออกกำลังกายเข้มข้นระดับปานกลาง (Moderate exercise) ช่วยป้องกันภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกได้

อย่างมีนัยสำคัญ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับการออกกำลังกายเข้มข้นระดับเบา (Light exercise) ซึ่งไม่พบว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแต่อย่างใด (Geda et al., 2010) สำหรับการเปลี่ยนแปลงในระดับกลไกของสมอง การออกกำลังกายเข้มข้นในระดับปานกลางอย่างสม่ำเสมอเป็นการช่วยลดการอักเสบของโปรตีนไซโตไคน์ (Pro-inflammatory cytokines) และเพิ่มระดับ Brain-Derived Neurotrophic Factor (BDNF) ในผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Manuela Crispim Nascimento et al., 2014)

การลดอาหารไขมันสูง เพิ่มการทานผักและผลไม้ กล่าวคือ งานวิจัยที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์ระหว่างการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงกับการอักเสบของสมอง โดยนอกจากจะเพิ่มน้ำหนักตัวแล้วยังส่งผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทกลุ่มแอสโตรไซท์ (Astrocyte) อีกด้วย (Pistell et al., 2010) นอกจากนี้แล้วการรับประทาน นม ผลไม้ ผัก และธัญพืช ยังช่วยลดความเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้ที่มีอายุมากกว่า 50 ปีอีกด้วย (Kim & Yun, 2018; Milte, Ball, Crawford, & McNaughton, 2019)

การรับประทานกรดไขมันโอเมก้า 3 กล่าวคือ งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ากรดไขมันโอเมก้า 3 และวิตามินบี ช่วยป้องกันและชะลอความเสื่อมของสมองในผู้สูงอายุ โดยพบว่าช่วยชะลอความรุนแรงของโรคจากภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกไปสู่ภาวะสมองเสื่อมได้ (Oulhaj, Jernerén, Refsum, Smith, & de Jager, 2016) โดยล่าสุดเมื่อพิจารณาจากผลการทบทวนอย่างเป็นระบบ (Systematic review) ของผลการรับประทานกรดไขมันโอเมก้า 3 ชนิด n-3 LCPUFA พบว่ามีประสิทธิภาพช่วยป้องกันภาวะสมองเสื่อมและอาจเป็นสารสำคัญที่จะใช้ในเชิงป้องกันและรักษาภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุในอนาคต (Martí Del Moral & Fortique, 2019)

การอ่านหนังสือทำกิจกรรมที่ต้องใช้สมองขบคิดใช้คอมพิวเตอร์ การเข้าร่วมกิจกรรมทางสังคมต่างๆ การฝึกความจำโดยใช้เกมหรือกิจกรรมฝึกกระตุ้นสมอง และการฝึกเรียนรู้สิ่งใหม่ๆ เช่น เรียนภาษา เรียนศิลปะ เรียนทำอาหาร หรือหางานอดิเรกที่ตนสนใจ เป็นต้น กิจกรรมกระตุ้นการทำงานของสมองเหล่านี้ หรืออาจเรียกว่าเพิ่มต้นทุนสมอง (Cognitive reserve) ต่างพบว่ามีประโยชน์และช่วยป้องกันรวมถึงชะลอภาวะสมองเสื่อมปรากฏในงานวิจัยหลายชิ้น (Dubois et al., 2021; O'Shea, De Wit, & Smith, 2019; Sood et al., 2019)

2.5 คลื่นไฟฟ้าสมอง การเรียนรู้ของเครื่อง และภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เนื่องด้วยค่าใช้จ่ายที่ไม่สูง ปลอดภัย ไม่รุกล้ำ (Non-invasive) ไม่มีผลข้างเคียง ข้อมูลมีความละเอียดสูงมาก และสามารถติดตามกระบวนการทำงานของสมองได้อย่างรวดเร็วแบบ Real-time โดยเฉพาะเมื่อสมองเริ่มประมวลผลข้อมูลผิดปกติไปทั้งในระดับตำแหน่งของสมองบางจุด และระดับเชื่อมโยงกันหลายจุด ข้อมูลจากงานวิจัยหลายชิ้นต่างพบว่า คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับการไหลเวียนของเส้นเลือดในสมอง ระดับเมตาบอรึซึมของสมอง เป็นต้น (Jeong, 2004) ดังนั้นข้อมูลที่ได้จากคลื่นไฟฟ้าสมองจึงเป็นข้อมูลที่หลากมิติ (พลังงาน เวลา ความเชื่อมโยง) ที่อาจสะท้อนกระบวนการทำงานของสมองของผู้ป่วย MCI ได้หลายระดับ จึงอาจเหมาะสมที่จะใช้ในการทำนายอาการ MCI และจำแนกอาการ MCI เป็นประเภทย่อยได้ (Jackson & Snyder, 2008)

Missonnier et al. (2005) ศึกษาตัวชี้วัดทางชีวภาพที่สามารถบ่งบอกความเปลี่ยนแปลงจาก MCI ไปสู่โรคอัลไซเมอร์ในผู้สูงอายุ โดยนักวิจัยใช้กิจกรรมทดสอบความจำขณะคิดแบบ 2-back และเพื่อกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับความจำขณะคิดในเงื่อนไขต่างๆ (1-back และ 2-back) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาระยะยาวในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI จำนวน 24 คน โดยผลการวิจัยพบว่าศักย์ไฟฟ้าสมอง P300 และ N300 ณ ตำแหน่งสมองกลีบข้าง สามารถเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพ กล่าวคือ P และ N300 มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มผู้ป่วย MCI ที่อาการคงที่กับกลุ่มผู้ป่วย MCI ที่สมองเสื่อมอย่างรวดเร็ว

Bennys, Rondouin, Benattar, Gabelle, and Touchon (2011) ได้ใช้ศักย์ไฟฟ้าสมอง N200 และ P300b ในการทำนายอาการของผู้ป่วย MCI จำนวน 71 คน ผลการวิจัยพบว่าเมื่อแบ่งผู้ป่วย MCI เป็นสองกลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่อาการคงที่ (30 คน) และกลุ่มที่อาการกำเริบ (41 คน) แล้วติดตามเป็นระยะเวลา 1 ปี กลุ่มผู้ป่วย MCI ที่มีอาการกำเริบมีค่าความโด่ง (Amplitude) ของศักย์ไฟฟ้าสมอง N200 ณ สมองส่วนหน้า และ P300b ณ สมองส่วนท้ายน้อยกว่ากลุ่มผู้ป่วย MCI ที่มีอาการคงที่ นอกจากนั้นกลุ่มผู้ป่วย MCI ที่มีอาการกำเริบยังมีค่าเวลาการตอบสนอง (Latency) ของทั้งศักย์ไฟฟ้าสมอง N200 และ P300b ช้ากว่ากลุ่มผู้ป่วย MCI ที่มีอาการคงที่อีกด้วย โดยเมื่อพิจารณาค่าความไวกับค่าความเฉพาะเจาะจงของศักย์ไฟฟ้าสมอง P300b พบว่ามีค่าเท่ากับร้อยละ 80 และ 70 ตามลำดับ ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าทั้งศักย์ไฟฟ้าสมอง N200 และ P300b เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพที่สามารถทำนายความเสื่อมของสมองในกลุ่มผู้ป่วย MCI ได้

Moretti, Paternicò, Binetti, Zanetti, and Frisoni (2013) ได้เปรียบเทียบสัดส่วนกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างย่าน อัลฟ่า 3 และ 2 (Alpha 3/2 power) ในกลุ่มผู้ป่วย MCI จำนวน 74 คน โดยสัดส่วนกำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองแบ่งออกเป็น มาก (18 คน) ปานกลาง (38 คน) และต่ำ (18 คน) พบว่า กลุ่ม MCI สูงมีปริมาณสมองเนื้อเทาลดลงอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกลุ่มปานกลาง และต่ำกว่า 471 ตาราง

มิลลิเมตร โดยเฉพาะตำแหน่งเปลือกสมองกลีบขมับและกลีบข้าง นอกจากนี้ คลื่นไฟฟ้าสมองย่านอัลฟ่า เมื่อนำมาเทียบค่าสัดส่วนพลังงานระหว่าง Alpha3/Alpha2 power พบว่าสัมพันธ์ทางบวกกับการหดตัวของ Hippocampus อีกด้วย (Hippocampal atrophy) โดยงานวิจัยนี้แบ่งย่านคลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ของออกเป็น 8 ย่าน ได้แก่ ย่านเดลต้า 2.9–4.9 Hz ย่านธีต้า 4.9–6.9 Hz ย่านอัลฟ่า 1 6.9–8.9 Hz ย่านอัลฟ่า 2 8.9–10.9 Hz ย่านอัลฟ่า 3 10.9–12-9 Hz ย่านบีต้า 1 12,9–19,2 Hz ย่านบีต้า 2 19.2–32.4 Hz และย่านแกมม่า 32.4–45 Hz ตามลำดับ (Moretti, Zanetti, Binetti, & Frisoni, 2012) รวมถึงค่าสัดส่วนพลังงานระหว่าง Alpha3/Alpha2 power ยังสัมพันธ์กับความบางลงของเปลือกสมอง ณ ตำแหน่ง Temporo-parietal cortices การหดตัวของ Hippocampus และการลดลงของเลือดที่ไปเลี้ยงเปลือกสมอง ณ ตำแหน่ง Medial temporal cortex อีกด้วย (Moretti, 2015)

Fauzan and Amran (2015) เปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองระหว่างผู้สูงอายุกลุ่ม MCI จำนวน 12 คน กับผู้สูงอายุปกติจำนวน 14 คน ผลการวิจัยพบว่ากำลังของคลื่นไฟฟ้าสมองย่านบีต้า 2 ณ บริเวณสมองส่วนหน้าด้านขวามีมากกว่าคลื่นไฟฟ้าสมองย่านเดียวกันตำแหน่งเดียวกันของผู้สูงอายุปกติ นอกจากนี้แล้วคลื่นไฟฟ้าสมองย่านทีต้า ณ บริเวณสมองกลีบขมับและกลีบข้างของผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ยังมากกว่าผู้สูงอายุปกติ ซึ่งสามารถตีความได้ว่ากลุ่ม MCI เริ่มมีภาวะเสื่อมถอยทางปัญญา (Cognitive decline) ซึ่งภาวะเสื่อมถอยนี้ตรวจพบที่บริเวณกลีบสมองที่เชื่อมโยงกับบริเวณ Hippocampus

Tsolaki et al. (2017) ได้ศึกษาการทำงานของสมองโดยทดสอบศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์จำนวน 2 คลื่น ได้แก่ Mismatch Negativity (MMN) and P300 ในกลุ่มผู้ป่วยอัลไซเมอร์และ MCI โดยกลุ่มตัวอย่างเหล่านี้ เป็นอาสาสมัครจากคลินิกโรคสมอง และผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาลในประเทศกรีซ จำนวน 63 คน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มควบคุม จำนวน 21 คน กลุ่ม MCI จำนวน 21 คน และกลุ่ม อัลไซเมอร์ระยะเริ่มแรก จำนวน 21 คน ผู้เข้าร่วมการวิจัยทั้ง 3 กลุ่ม จะได้ทำแบบประเมินทางจิตวิทยา ได้แก่ แบบประเมิน MMSE Trail-Making Test B และแบบประเมินภาวะซึมเศร้า ผลการวิจัยปรากฏว่า ความเร็ว (Latency) ของศักย์ไฟฟ้าสมอง MMN และ P300 ณ ตำแหน่ง Brodmann การตอบสนองต่อกิจกรรมทดสอบเร็วกว่า และความแม่นยำในการตอบของกลุ่ม MCI สูงกว่ากลุ่มอัลไซเมอร์ระยะเริ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบอีกด้วยว่า P300 สัมพันธ์ทางบวกกับคะแนนจากแบบทดสอบ MMSE ในระดับปานกลาง (r=.47, p<.05) ในกลุ่มควบคุม แต่กลับสัมพันธ์ทางลบกับคะแนนจากแบบทดสอบ MMSE ในระดับปานกลาง (r=-.60, p<.05) ในกลุ่ม MCI

นอกเหนือจากกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยการมอง (Visual task) แล้ว Morrison, Rabipour, Knoefel, Sheppard, and Taler (2018) ได้ทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ โดยทบทวน

เฉพาะกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยการฟัง (Auditory task) จำนวนกว่า 1532 รายการ ผลการทบทวนพบว่าศักย์ไฟฟ้าสมองทั้ง N200 และ P300 สามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติ (Healthy cognitive aging) จากผู้ป่วย MCI และ ผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ได้ ล่าสุด Morrison, Rabipour, Taler, Sheppard, and Knoefel (2019) ได้ทบทวนวรรณกรรมโดยมุ่งศึกษาเฉพาะ Visual task และได้รวบรวมงานวิจัยกว่า 880 รายการ ผลการวิจัยพบว่า งานวิจัยส่วนมากที่ใช้ Visual task สามารถกระตุ้นศักย์ไฟฟ้าสมอง P100 และ P300b ในผู้ป่วย MCI และโรคอัลไซเมอร์ อย่างไรก็ตามมีเพียง P300b เท่านั้นที่สามารถจำแนกระหว่างผู้สูงอายุปกติ ผู้ป่วย MCI และผู้ป่วยโรคอัลไซเมอร์ได้

ล่าสุด Jiang et al. (2021) พบว่าศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ชนิดแตกต่างตั้งแต่วินาทีที่ 300 ณ อิเล็กโทรดฝั่งซ้าย (ตำแหน่ง F3, 5 และ 7) แตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุปกติและ MCI โดยศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์นี้ สามารถทำนายการดำเนินโรคจากกลุ่มผู้สูงอายุปกติกลายเป็น MCI ได้ล่วงหน้ากว่า 5 ปี

จากที่กล่าวมาข้างต้นถึงการออกแบบระบบประเมินฯ ที่ครอบคลุมตัวแปรทางปัญญาที่สามารถจำแนกหรือทำนาย MCI ได้ รวมถึงข้อมูลที่มีความละเอียดสูงจากพารามิเตอร์ที่จะได้จากระบบประเมินฯ ทั้งข้อมูลเชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองจากกิจกรรมทดสอบต่างๆ ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้จึงมีความซับซ้อนประกอบด้วยมิติที่หลากหลาย และต้องใช้เวลาอย่างยาวนานในการวิเคราะห์และแปลผลการประเมิน ด้วยลักษณะข้อมูลเช่นนี้ การจำแนกและเรียนรู้จากข้อมูลจึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อช่วยในการจัดระบบและจำแนกข้อมูล ซึ่งงานวิจัยที่ผ่านมาต่างก็พบว่าวิธีการเรียนรู้ของเครื่องมีความแม่นยำทั้งในการจำแนกโรคทางจิตเวช และทำนายการตอบสนองต่อการรักษาประเภทต่างๆ (Simpraga et al., 2017) โดยงานวิจัยที่ผ่านมาได้เปรียบเทียบขั้นตอนวิธีต่างๆ ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการจำแนกภาวะสมองเสื่อม ซึ่งพบว่า Support Vector Machine (SVM) สามารถจำแนกผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมออกจากสูงอายุปกติได้ถูกต้องกว่าร้อยละ 74.03 และผิดพลาดร้อยละ 25.97 (So, Hooshyar, Park, & Lim, 2017) อย่างไรก็ตามการใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นตัวชี้วัดทางชีวภาพหรือทางสมอง (Neuromarker) แล้วใช้วิธีการเรียนรู้ของเครื่องในการจำแนกยังมีข้อจำกัดหลายประเด็น กล่าวคือ งานวิจัยส่วนมากจะใช้คลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก (Resting state หรือ Default mode) ซึ่งฉายภาพการทำงานของสมองได้เพียงมิติเดียว นอกจากนี้ผลการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมายังพบอีกด้วยว่าคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติ และผู้สูงอายุที่เป็นโรคอัลไซเมอร์ได้ดี แต่ยังขาดประสิทธิภาพในการจำแนกระหว่างผู้สูงอายุที่มี MCI กับผู้สูงอายุกลุ่มอื่น (Yang, Bornot, Wong-Lin, & Prasad, 2019) ด้วยเหตุนี้ การแก้ปัญหาจึงควรใช้คลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ ซึ่งจะทำให้ได้ข้อมูลในมิติกระบวนการประมวลผลของสมอง พลังงานที่ใช้ ความเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง

บนเงื่อนไขต่างๆ ของกิจกรรมทดสอบ โดยกิจกรรมทดสอบเองควรสร้างบนพื้นฐานความเข้าใจกระบวนการทำงานของสมองที่บกพร่องหรือเสื่อมของผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ดังที่ได้กล่าวในหัวข้อที่ 2.1

ดังนั้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงมุ่งสร้างแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตัวแปรบูรณาการพหุประสาทเป็นตัวแปรหลัก โดยสิ่งเร้าจะประกอบไปด้วยการมองและการได้ยิน ซึ่งมีผลงานวิจัยและทฤษฎีที่แน่นหนาว่าเป็นกระบวนการพื้นฐานที่บกพร่องในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI นอกจากนี้แบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นยังคำนึงถึงผลลัพธ์ที่หลากหลายทั้งในเชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบคัดกรองบูรณาการพหุประสาท รวมถึงการใช้สถิติขั้นสูงและการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อจำแนกผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ออกจากผู้สูงอายุทั่วไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งคำนึงถึงข้อจำกัดทั้ง 7 ประเด็นที่ได้กล่าวถึงในบทที่ 1 อีกด้วย

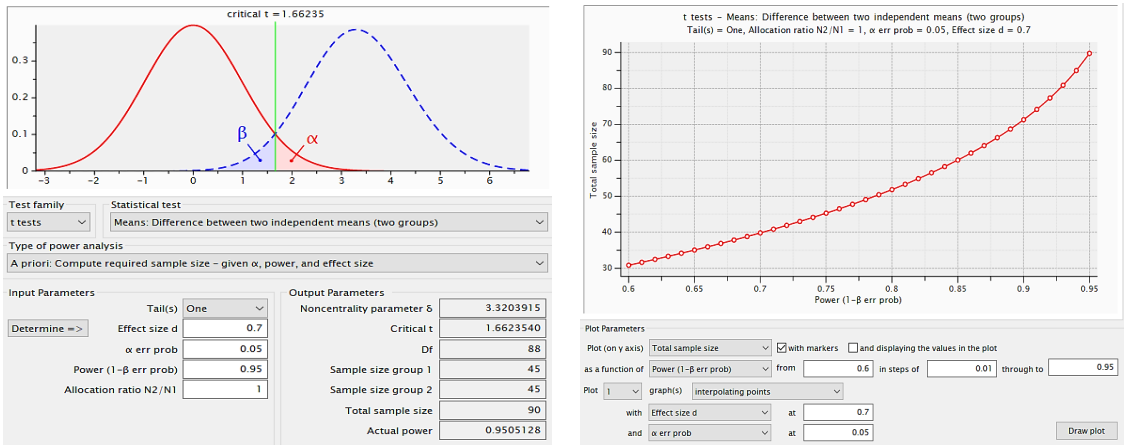
บทที่ 3

ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 3 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยเนื้อหาจำนวน 7 หัวข้อ ได้แก่ (1) การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (2) การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง (3) แบบแผนการวิจัย (4) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (5) การศึกษานำร่องกิจกรรมทดสอบของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (6) การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง และ (7) การวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ

3.1 การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างและการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

3.1.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากการคำนวณขนาดของอิทธิพล (Effect Size) การคำนวณกลุ่มตัวอย่างจากขนาดของอิทธิพลของตัวแปร (ES) ใช้วิธีเทียบกับขนาดการแจกแจงของประชากรโดยมีเกณฑ์ดังนี้ ES=0.20 หมายถึง อิทธิพลขนาดเล็ก ES=0.50 หมายถึง ค่าอิทธิพลขนาดกลาง และ ES=0.80 หมายถึง อิทธิพลขนาดใหญ่ (Cohen, 2007) ซึ่งในการวิจัยนี้นำอิทธิพลขนาดกลางมาเป็นตัวกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง (0.70) สอดคล้องกับผลการวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา (Zhang et al., 2019; Murray et al., 2018) ดัง **แผนภาพ 3.1**



แผนภาพ 3.1 ขนาดกลุ่มตัวอย่างกำหนดโดยโปรแกรม G*Power3.1.9.7 (Faul, Erdfelder, Lang, & Buchner, 2007)

3.1.2 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างจากแนวคิดการวิจัยเชิงทดลอง McMillan and Schumacher (2014) กล่าวว่าจำนวนขนาดกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมเพียงพอและมีความน่าเชื่อถือ สำหรับการวิจัยเชิงทดลองควรมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 45 คนต่อกลุ่ม (McMillan & Schumacher, 2014, p. 272) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดกลุ่มตัวอย่างเป็นจำนวน 120 คน จำแนกออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 60 คน เพื่อเพิ่มความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัยไปยังประชากรได้ หรือความตรงภายนอกของการวิจัย (External validity) รวมถึงมีจำนวนกลุ่มตัวอย่างมากพอในการทดสอบกระบวนวิธีของการเรียนรู้ของเรื่อง (Machine learning's algorithms) (Vabalas, Gowen, Poliakoff, & Casson, 2019)

3.1.3 กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้สูงอายุในชมรมผู้สูงอายุ ตำบลแสนสุข อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี ผู้สูงอายุในเขตอำเภอเมืองชลบุรี จังหวัดชลบุรี อายุระหว่าง 60-80 ปี สมัครใจเข้าร่วมเป็นอาสาสมัคร ผู้สูงอายุการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างตามเกณฑ์คัดเลือกเข้าและเกณฑ์การคัดออกได้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 ประเภท รวมจำนวน 120 คน คุณลักษณะตามเกณฑ์คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเพื่อเข้าร่วมการวิจัยประกอบด้วย (1) เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusion Criteria) (2) เกณฑ์การคัดออก (Exclusion Criteria) และ (3) เกณฑ์ยุติการร่วมการทดลอง (Withdrawal Criteria) ดังนี้

เกณฑ์การคัดเลือกเข้า (Inclusions Criteria)

(1) สมัครใจเข้าร่วมการวิจัย

(2) มีช่วงอายุระหว่าง 60 - 80 ปี

(3) สามารถอ่านออก เขียน หรือสื่อสารภาษาไทยได้

(4) ไม่มีการติดตั้งเครื่องกระตุ้นหัวใจด้วยไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ที่ใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้าภายในร่างกาย

(5) มีภาวะการได้ยินเป็นปกติ โดยไม่ติดตั้งเครื่องช่วยในการได้ยิน

(6) มีภาวะการมองเห็นปกติ หรือแก้ไขให้เป็นปกติด้วยการสวมแว่นสายตา ประเมินการมองเห็นด้วยแบบประเมินสายตาระยะใกล้ (Near Vision) ชนิด Jaeger's Chart

(7) ถนัดมือขวา ประเมินความถนัดการใช้มือขวา โดยใช้แบบวัดความถนัดการใช้มือ Edinburgh Handedness Inventory ของ Oldfield (1871) กลุ่มตัวอย่างต้องมีผลคะแนนรวม ที่แสดงความถนัดมือขวา 80 คะแนนขึ้นไป จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน

(8) ระดับคะแนนแบบวัดความซึมเศร้าในผู้สูงอายุไทย (Thai Geriatric Depression Scale: TGDS) มีการแปลผลดังนี้ ผู้สูงอายุปกติ คะแนน 0-12 คะแนน ผู้สูงอายุมีความเศร้าเล็กน้อย (Mild Depression) 13-

18 คะแนน ผู้สูงอายุมีความเศร้าปานกลาง (Moderate Depression) 19-24 คะแนน ผู้สูงอายุมีความเศร้ารุนแรง (Severe Depression) 25-30 คะแนน (กลุ่มฟื้นฟูสมรรถภาพสมอง, 2537)

เกณฑ์การคัดออก (Exclusions Criteria)

(1) ผู้เข้าร่วมขอยุติการทดลอง

(2) ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่สามารถดำเนินการทดสอบจนเสร็จสิ้นได้

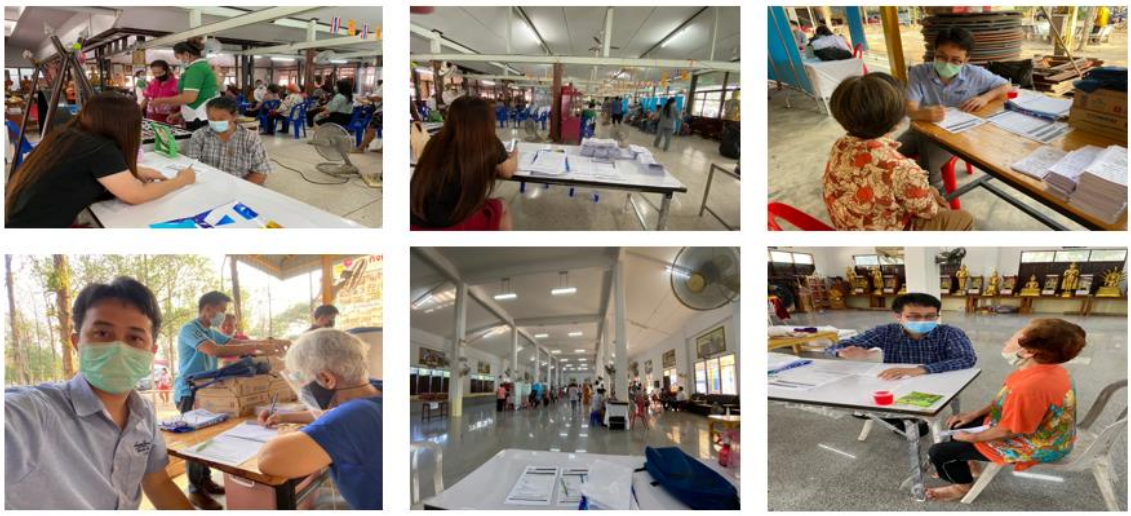
3.2 การเข้าถึงกลุ่มตัวอย่าง

3.2.1 ผู้วิจัยยื่นแบบฟอร์มเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ต่อคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ชุดที่ 2 (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา และได้รับการรับรองตั้งแต่วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2564 จนถึง วันที่ 17 มีนาคม พ.ศ. 2565

3.2.2 ผู้วิจัยประสานเทศบาลเมืองแสนสุขและเทศบาลเมืองห้วยกะปิและชมรมผู้สูงอายุแสนสุข เทศบาลเมืองแสนสุข

3.2.3 ผู้วิจัยฝึกการใช้เครื่องมือให้กับนักวิจัยผู้ช่วยจำนวน 2 คน ได้แก่ นายคณิติน จรโคกกรวด นักจิตวิทยา และนางไพจิตร พุทธรอด พยาบาลจิตเวชและอาจารย์พยาบาล ณ วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี ตรัง ซึ่งทั้ง 2 คนเป็นนิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตรวิจัยและสถิติทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา โดยเครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรองประกอบด้วย แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป (ระดับการศึกษา เพศ อายุ ความถนัดของมือ จำนวนมื้ออาหารที่รับประทานแต่ละวัน โรคประจำตัว ประวัติอุบัติเหตุทางสมองและทางจิตเวช การมองเห็น และการได้ยิน) ประเมินความถนัดการใช้มือขวา และแบบวัดความเศร้าในผู้สูงอายุของไทย

3.2.4 นักวิจัยผู้ช่วยทั้ง 2 คนดำเนินการคัดกรองผู้สูงอายุ ณ พื้นที่ชุมชนรอบมหาวิทยาลัยบูรพา ชุมชนวัดเชิงเทียนเทพา ชุมชนวัดเขาดิน และชุมชนวัดจรูญราษฎร์ ภาพบรรยายกาศการคัดกรองกลุ่มตัวอย่างในชุมชนดังปรากฏใน **แผนภาพ 3.2** ช่วงระหว่างวันที่ 20 มีนาคม พ.ศ. 2564 จนถึง 31 มีนาคม พ.ศ. 2564



แผนภาพ 3.2 ภาพกระบวนการคัดกรองผู้สูงอายุ ณ ชุมชนต่างๆ ในอำเภอเมืองชลบุรี

3.2.5 หลังจากคัดกรองผู้สูงอายุเป็นที่เรียบร้อย นักวิจัยผู้ช่วยแจ้งรายละเอียดของโครงการวิจัย แจ้งรายละเอียดดังปรากฏในเอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการ (Participant Information Sheet) นักวิจัยผู้ช่วยขอรายละเอียดเบอร์ติดต่อเพื่อประสานงานกับกลุ่มผู้สูงอายุในชุมชนที่สนใจเข้าร่วมโครงการวิจัย และดำเนินการนัดหมายเพื่อทำการทดสอบและหลักปฏิบัติตัวก่อนวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านวิทยาการปัญญา (Centre of Excellence in Cognitive Science: CECoS) วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา ระหว่างวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ.2564 จนถึง วันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2564

3.2.6 ผู้สูงอายุเดินทางมาถึงศูนย์ความเป็นเลิศด้านวิทยาการปัญญา พร้อมแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัยฯ เป็นลายลักษณ์อักษร ผู้วิจัยและผู้ช่วยนักวิจัยดำเนินการประเมินผู้สูงอายุตามรายการแบบทดสอบดังต่อไปนี้

(ก) แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย เวอร์ชั่น 2 (MMSE-2nd edition)

(ข) แบบสอบถามความจำรำพัน หรือแบบสอบถามภาวะหลงลืมประเมินตนเอง (Subjective Memory Complaint Questionnaire: SMCQ) (Youn et al., 2009)

(ค) แบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน (ดัชนีบาร์เธล – Barthel Index) (Activities of Daily Living Index: ADL Index) (สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, 2537)

(ง) แบบประเมินกิจวัตรที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย (ดัชนีจุฬาเอดีแอล – Chula Activity Daily Living Index: Chula ADL Index) (Jitapunkul, Kamolratanakul, & Ebrahim, 1994)

กระบวนการในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ ดังแสดงใน**แผนภาพ 3.3** ด้านล่าง



แผนภาพ 3.3 กระบวนการในการเข้าถึงกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุ

3.3 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เทคนิควิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) ดำเนินการวิจัยแบบกลุ่มทดลอง 2 กลุ่มวัดครั้งเดียว (McMillan & Schumacher, 2010) มีแบบแผนการทดลอง ดัง**ตาราง 3.1**

ตาราง 3.1 แบบแผนการทดลอง

กลุ่มผู้สูงอายุ	โปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก	คะแนนจากโปรแกรมฯ (RA RT EEG ERP)
E1	X	O1
E2	X	O2

การอธิบายความหมายของสัญลักษณ์

E1 หมายถึง กลุ่มผู้สูงอายุปกติในชุมชน

E2 หมายถึง กลุ่มผู้สูงอายุในชุมชนที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

X หมายถึง กิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

O1 หมายถึง คะแนนจากกิจกรรมทดสอบและคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งในเชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมองแบบ EEG และ คลื่นไฟฟ้าสมองแบบ ERP ขณะทำกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองของแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นของกลุ่มผู้สูงอายุปกติ

O2 หมายถึง คะแนนจากกิจกรรมทดสอบและคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งในเชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมองแบบ EEG และ คลื่นไฟฟ้าสมองแบบ ERP ขณะทำกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองของแบบคัดกรองที่พัฒนาขึ้นของกลุ่มผู้สูงอายุปกติของกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย เวอร์ชั่น 2 (MMSE-2nd edition) ชุดสีแดงและสีน้ำเงิน เลขที่สัญญาซื้อลิขสิทธิ์แบบทดสอบ ECO 09-30-2020 จำนวน 120 ชุด แบบทดสอบ MMSE ประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวนทั้งหมด 30 ข้อ แบ่งออกเป็น 11 ด้าน ได้แก่ การบันทึกความทรงจำ การรู้เวลา การรู้สถานที่ การเรียกใช้ความจำ ความใส่ใจและการคำนวณ การเรียกชื่อ การพูดตาม ความเข้าใจ การอ่าน การเขียน และการวาดรูป โดยจุดตัดคะแนนสำหรับผู้สูงอายุกลุ่ม MCI อยู่ระหว่าง 20 ถึง 26 คะแนน (Murray et al., 2018) จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน รายละเอียดของสัญญาสำหรับการใช้ในงานวิจัยนี้ ดังปรากฏในภาคผนวก

3.4.2 แบบสอบถามความจำรำพัน หรือแบบสอบถามภาวะหลงลืมประเมินตนเอง (Subjective Memory Complaint Questionnaire: SMCQ) (Youn et al., 2009) แบบสอบถามประกอบด้วยข้อคำถามทั้งหมด 14 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” โดยคิดคะแนนเป็น 1 และ 0 เมื่อตอบว่า ใช่ และไม่ใช่ ตามลำดับ แบบสอบถาม SMCQ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ด้านย่อย ได้แก่ ด้านโดยรวม (Global) และด้านการใช้ชีวิตประจำวัน (Everyday) คะแนนรวมตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยมีจุดตัดคะแนนตั้งแต่ 5 ขึ้นไป ถือว่าอาจพบปัญหาภาวะหลงลืมแบบประเมินตนเองนี้ (Youn et al., 2009)

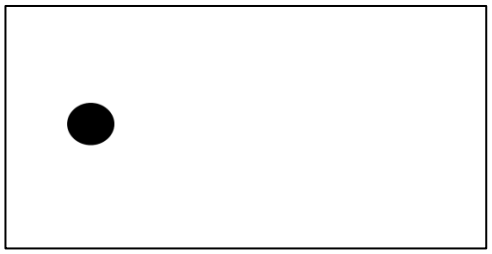
3.4.3 แบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน (ดัชนีบาร์เธล – Barthel Index) (Activities of Daily Living Index: ADL Index) (สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล, 2537) แบบประเมินนี้ประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวน 10 ข้อ หรือ 10 กิจกรรม คะแนนรวมตั้งแต่ 0 ถึง 20 คะแนนโดยคะแนนตั้งแต่ 12 ขึ้นไปถือว่าไม่เป็นภาระพึ่งพา หรือมีการใช้ชีวิตประจำวันที่ปกติ

3.4.4 แบบประเมินกิจวัตรที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย (ดัชนีจุฬาเอดีแอล – Chula Activity Daily Living Index: Chula ADL Index) (Jitapunkul et al., 1994) แบบประเมินนี้ประกอบไปด้วยข้อคำถาม

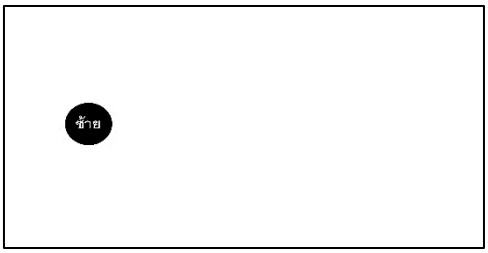
จำนวน 5 ข้อ หรือ 5 กิจกรรม คะแนนรวมตั้งแต่ 0 ถึง 10 คะแนนโดยคะแนนตั้งแต่ 7 ขึ้นไปถือว่าไม่เป็นภาระพึ่งพา หรือมีการใช้ชีวิตประจำวันที่ปกติ

3.4.5 กิจกรรมทดสอบของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์บูรณาการพหุประสาท (Multisensory Integration Task: MIT) สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและเป็นต้นแบบของการพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชน กิจกรรมทดสอบแบ่งออกเป็น 3 บล๊อก (Block) ได้แก่ กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น (Visual task) กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน (Audio task) และกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (Multisensory integration task) โดยแต่ละกิจกรรมทดสอบมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

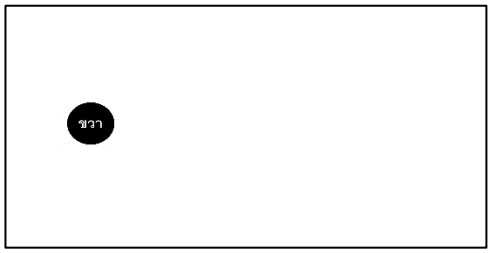
(1) กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น ประกอบด้วยสิ่งเร้า จำนวน 63 ข้อ โดยแบ่งสิ่งเร้าเป็น 3 เงื่อนไข ได้แก่ ไม่มีตัวกวน ตัวชี้แนะ/สอดคล้อง และตัวกวน/ไม่สอดคล้อง เงื่อนไขละ 21 ข้อเท่าๆ กัน ดังต่อไปนี้



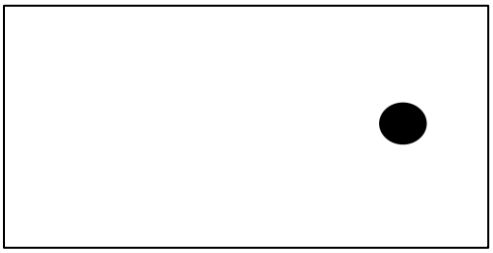
แบบที่ 1 ไม่มีตัวกวน/ตัวชี้แนะ



แบบที่ 2 มีตัวชี้แนะ/สอดคล้อง



แบบที่ 3 มีตัวกวน/ไม่สอดคล้อง



แบบที่ 4 ไม่มีตัวกวน/ตัวชี้แนะ



แบบที่ 5 มีตัวชี้แนะ/สอดคล้อง

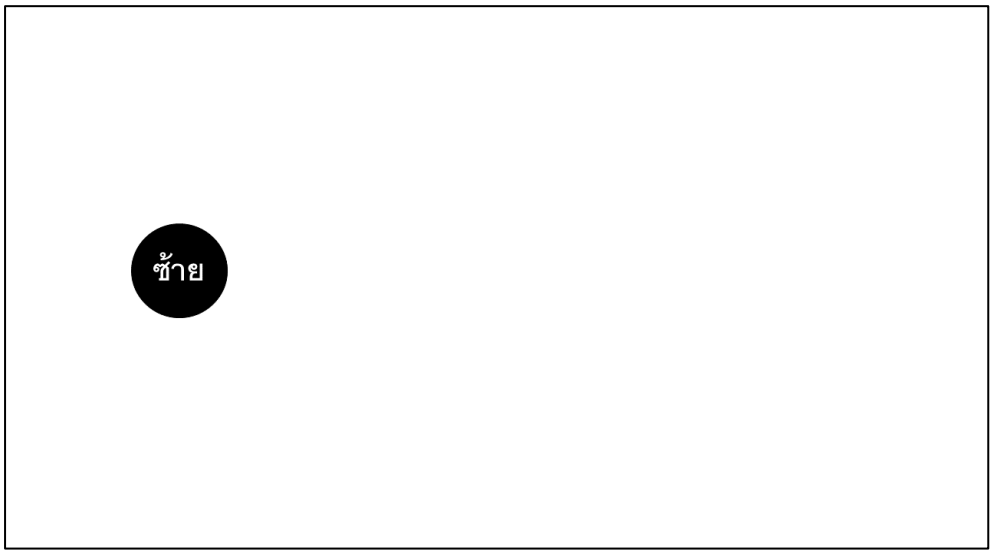


แบบที่ 6 ตัวกวน/ไม่สอดคล้อง

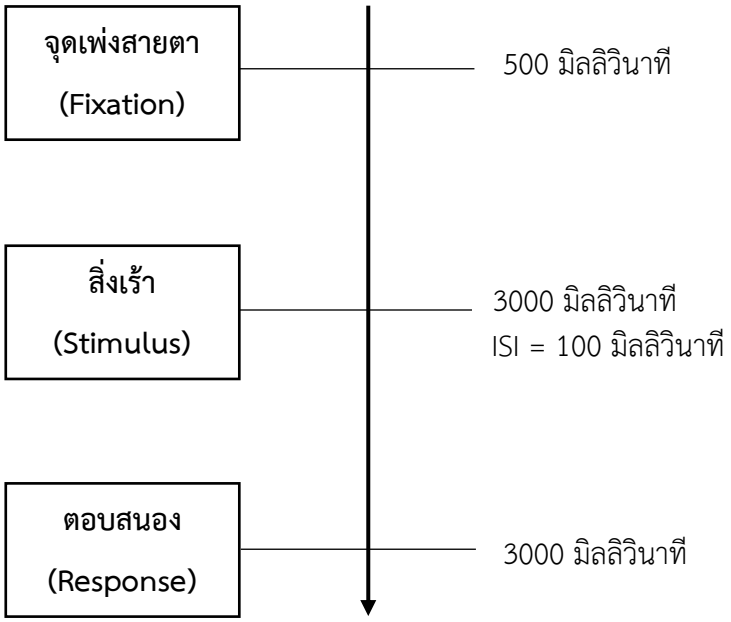
สำหรับกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น ผู้สูงอายุจะเห็นคำชี้แจงหรือคำสั่ง (Instruction) ดังต่อไปนี้ ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ขอต้อนรับเข้าสู่การทดสอบการมองเห็น ถ้าท่านเห็นวงกลมปรากฏด้านขวา
ขอให้ท่านกดปุ่ม “ขวา” ถ้าท่านเห็นวงกลมปรากฏด้านซ้ายขอให้ท่านกดปุ่ม
“ซ้าย” ขอให้ท่านตอบอย่างรวดเร็วและถูกต้อง กดปุ่มใดๆ เพื่อทดสอบ

สำหรับข้อมูลจำเพาะของสิ่งเร้า (Stimulus specification) สิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น พื้นหลังสีขาว วงกลมสีดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร (0.35’’ × 0.35’’) จุดศูนย์กลางของวงกลมห่างจากขอบ 10.5 เซนติเมตร ตัวอักษรสีขาวตรงกลางวงกลม เป็นแบบ TH Sarabun New ขนาด 16



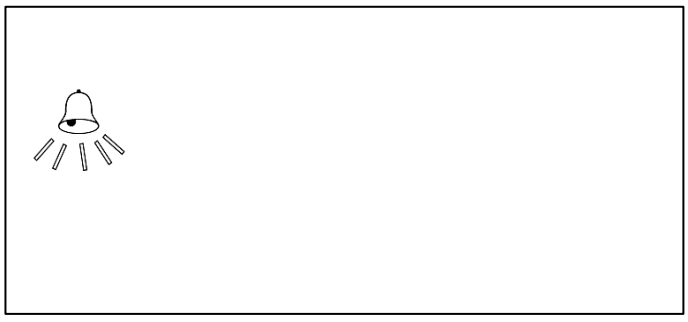
ลำดับของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นหลังจากอ่านคำชี้แจงหรือคำสั่งเข้าใจแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะเห็นจุดเพ่งสายตา (Fixation) ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 500 มิลลิวินาที หลังจากนั้นสิ่งเร้าจะปรากฏ เป็นเวลา 3000 มิลลิวินาที โดยมีค่าระยะเวลาห่างระหว่างสิ่งเร้า (Interstimulus Interval หรือ ISI) เท่ากับ 100 มิลลิวินาที และผู้เข้าร่วมการวิจัยมีเวลาให้ตอบ เท่ากับ 3000 มิลลิวินาที โดยใช้เวลาทดสอบกิจกรรมทางการมองเห็นนี้ เป็นเวลา 4 นาที ดัง**แผนภาพ 3.4** ซึ่งแสดงถึงเกณฑ์วิธี (Protocol) เป็นลำดับ



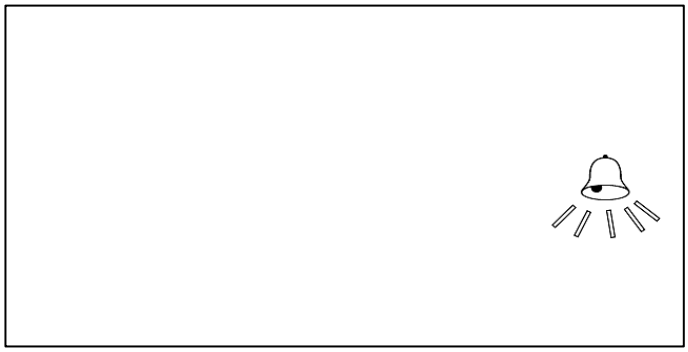
แผนภาพ 3.4 เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น

พารามิเตอร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น จำนวน 4 ตัว ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (VRA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (VRT) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (VCRA) และความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (VCRT)

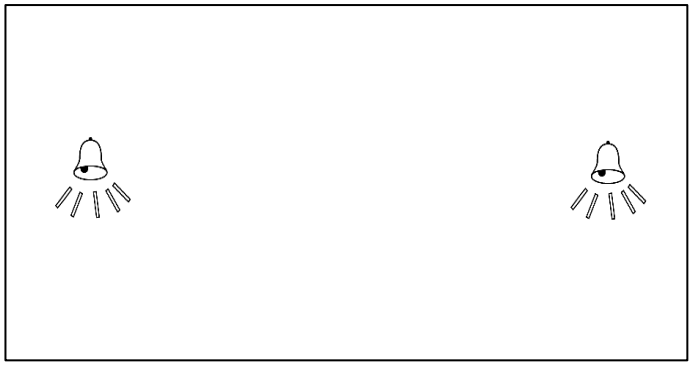
(2) กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน ประกอบด้วยสิ่งเร้า จำนวน 72 ข้อ โดยแบ่งสิ่งเร้าเป็น 2 เงื่อนไข ได้แก่ เสียงมาจากหูฟังทิศทางเดียว และสองทิศทาง เงื่อนไขละ 36 ข้อเท่าๆ กัน ดังต่อไปนี้



แบบที่ 1 เสียงดังจากหูฟังฝั่งซ้าย



แบบที่ 2 เสียงดังจากหูฟังฝั่งขวา



แบบที่ 3 เสียงดังจากหูฟังฝั่งซ้ายและขวาพร้อมกัน

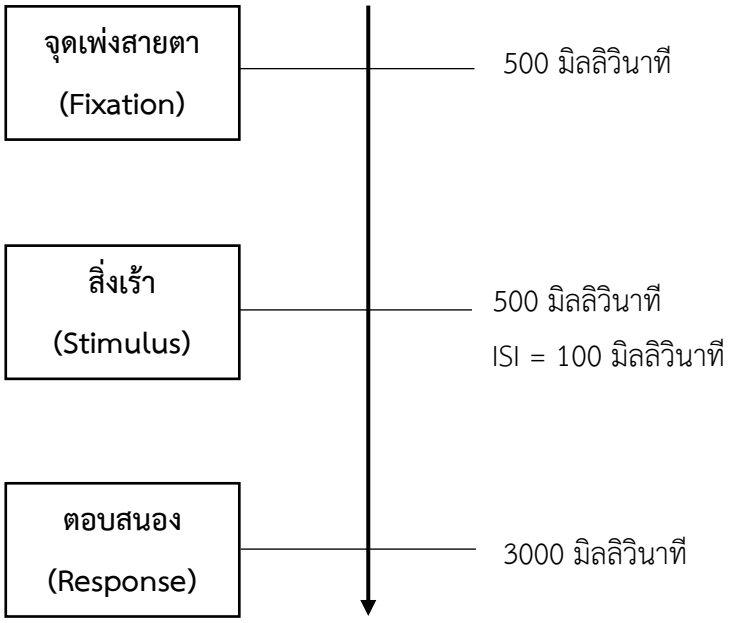
สำหรับกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน ผู้สูงอายุจะเห็นคำชี้แจงหรือคำสั่ง (Instruction) ดังต่อไปนี้ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ขอต้อนรับเข้าสู่การทดสอบการได้ยิน หากท่านได้ยินเสียงจากหูฟังข้าง “ซ้าย” ขอให้ท่านกดปุ่มซ้าย หากท่านได้ยินเสียงจากหูฟังข้าง “ขวา” ขอให้ท่านกดปุ่ม “ขวา” หากท่านได้ยินเสียงจากหูฟังทั้งสองข้าง ขอให้ท่านกดปุ่ม “ตรงกลาง” ขอให้ท่านตอบอย่างรวดเร็วและถูกต้อง กดปุ่มใดๆ เพื่อทดสอบ

สำหรับข้อมูลจำเพาะของสิ่งเร้า (Stimulus specification) สิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินเป็นเสียงรูปคลื่นซายน์ (Sine waveform) ความถี่ 300 เฮิร์ทซ ความยาวของเสียง 500 มิลลิวินาที

ลำดับของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะได้ยินเสียงจากหูฟังตามลำดับ คือ เสียงมาจากหูฟังฝั่งซ้าย ฝั่งขวา และทั้งสองฝั่ง เพื่อทดสอบลำดับการได้ยินเสียง และทิศทางของสิ่งเร้า ต่อมาหลังจากอ่านคำชี้แจงหรือคำสั่งเข้าใจแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะเห็นจุดเพ่งสายตา (Fixation) ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 500 มิลลิวินาที หลังจากนั้นสิ่งเร้าจะปรากฏ เป็นเวลา 500 มิลลิวินาที โดยมีค่าระยะเวลาห่างระหว่างสิ่งเร้า (Interstimulus Interval หรือ ISI) เท่ากับ 100 มิลลิวินาที และผู้เข้าร่วมการ

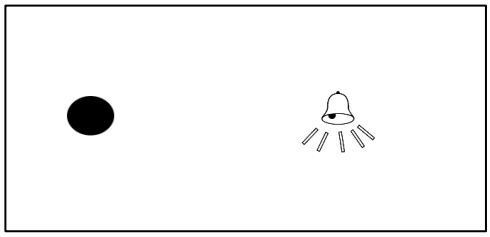
วิจัยมีเวลาให้ตอบ เท่ากับ 3000 มิลลิวินาที โดยใช้เวลาทดสอบกิจกรรมทางการได้ยินนี้ เป็นเวลา 5 นาที ดัง **แผนภาพ 3.5** ซึ่งแสดงถึงเกณฑ์วิธี (Protocol) เป็นลำดับ



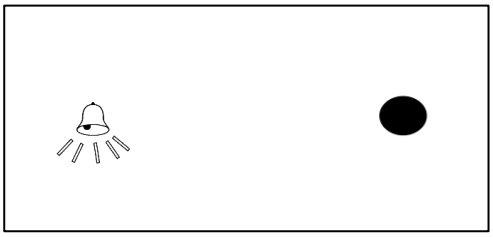
แผนภาพ 3.5 เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน

พารามิเตอร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน จำนวน 4 ตัว ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (ARA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (ART) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (ACRA) และความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (ACRT)

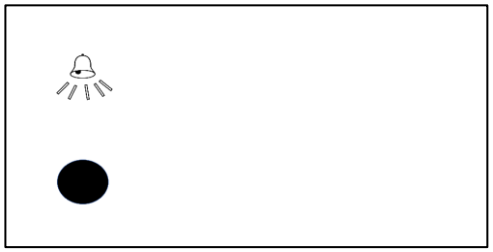
(3) กิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท ประกอบด้วยสิ่งเร้า จำนวน 60 ข้อ โดยแบ่งสิ่งเร้าเป็น 2 เงื่อนไข ทิศทางสอดคล้อง 48 ข้อ และทิศทางไม่สอดคล้อง 22 ข้อ ดังต่อไปนี้



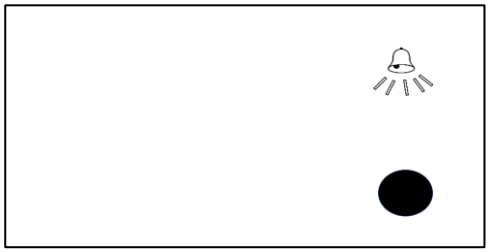
แบบที่ 1 ทิศทางไม่สอดคล้อง



แบบที่ 2 ทิศทางไม่สอดคล้อง



แบบที่ 3 ทิศทางสอดคล้อง



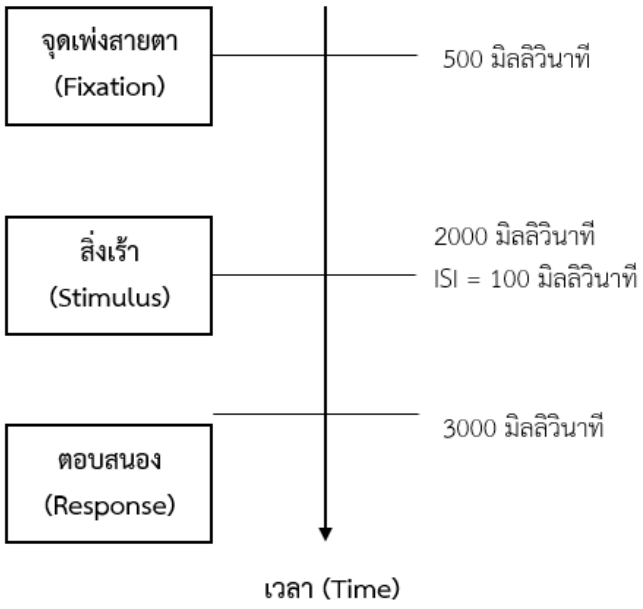
แบบที่ 4 ทิศทางสอดคล้อง

สำหรับกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท ผู้สูงอายุจะเห็นคำชี้แจงหรือคำสั่ง (Instruction) ดังต่อไปนี้ ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์

ขอต้อนรับเข้าสู่กิจกรรมทดสอบภาพและเสียง เมื่อท่านเห็นภาพและได้ยินเสียงพร้อมกันฝั่งซ้าย ให้กดปุ่ม “ซ้าย” เมื่อท่านเห็นภาพและได้ยินเสียงพร้อมกันฝั่งขวา ให้กดปุ่ม “ขวา” เมื่อท่านเห็นภาพและเสียงพร้อมกันคนละฝั่ง ให้กดปุ่ม “ตรงกลาง” ขอให้ท่านตอบอย่างรวดเร็วและแม่นยำ

สำหรับข้อมูลจำเพาะของสิ่งเร้า (Stimulus specification) สิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น พื้นหลังสีขาว วงกลมสีดำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร (0.35’’ × 0.35’’) จุดศูนย์กลางของวงกลมห่างจากขอบ 10.5 เซนติเมตร ตัวอักษรสีขาวตรงกลางวงกลม เป็นแบบ TH Sarabun New ขนาด 16 ส่วนข้อมูลจำเพาะของสิ่งเร้า (Stimulus specification) สิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินเป็นเสียงรูปคลื่นซายน์ (Sine waveform) ความถี่ 300 เฮิร์ทซ ความยาวของเสียง 2000 มิลลิวินาที

ลำดับของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท หลังจากอ่านคำชี้แจงหรือคำสั่งเข้าใจแล้ว ผู้เข้าร่วมการวิจัยจะเห็นจุดเพ่งสายตา (Fixation) ปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ เป็นเวลา 500 มิลลิวินาที หลังจากนั้นสิ่งเร้าภาพและเสียงจะปรากฏ เป็นเวลา 2000 มิลลิวินาที โดยมีค่าระยะเวลาห่างระหว่างสิ่งเร้า (Interstimulus Interval หรือ ISI) เท่ากับ 100 มิลลิวินาที และผู้เข้าร่วมการวิจัยมีเวลาให้ตอบ เท่ากับ 2000 มิลลิวินาที โดยใช้เวลาทดสอบกิจกรรมบูรณาการพหุประสาทนี้ เป็นเวลา 4 นาที ดัง**แผนภาพ 3.6** ซึ่งแสดงถึงเกณฑ์วิธี (Protocol) เป็นลำดับ



แผนภาพ 3.6 เกณฑ์วิธีของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท

พารามิเตอร์ที่ได้จากการทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท จำนวน 10 ตัว ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (MSI_RA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (MSI_RT) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (MSIC_RA) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (MSIC_RT) ความแม่นยำในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (MSIVGain_RA) ความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (MSIVGain_RT) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (MSIAGain_RA) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (MSIAGain_RT) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (AVGain_RA) และ ความเร็วในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (AVGain_RT)

กิจกรรมทดสอบทั้ง 3 กิจกรรมของแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์สร้างขึ้นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ SuperLab (Cedrus Corporation, USA) เวอร์ชั่น 4.5 ติดตั้งบนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะยี่ห้อ Dell รุ่น Optiplex 3010 ระบบปฏิบัติการ OS Microsoft Windows XP Service Pack 3 (32-bit) CPU Intel Core i5-3450 ความถี่พื้นฐานของโปรเซสเซอร์ เท่ากับ 3.10 GHz RAM ขนาด 4 GB รุ่นและขนาดหน้าจอของคอมพิวเตอร์ที่นำเสนอภาพสิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 กิจกรรม คือ LCD Monitor Dell E1911 ขนาด 19 นิ้ว แบบจอกว้าง (Widescreen) ความละเอียดของภาพ (Resolution) เท่ากับ 1440 x 900 ที่ 60 Hz และแป้นกด Dell USB รุ่น KB-216t

3.5 การศึกษานำร่องกิจกรรมทดสอบของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์

3.5.1 ผลการทดสอบนำร่อง การทดสอบนำร่องในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เป็นผู้สูงอายุที่พำนักในศูนย์พักพิงผู้สูงอายุจังหวัดตราด และในชุมชนใกล้เคียง ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะเก็บข้อมูลจริง โดยกลุ่มตัวอย่างในช่วงทดสอบนำร่องนี้ เป็นผู้สูงอายุปกติจำนวน 18 คนและที่มีภาวะสมองเสื่อมจำนวน 12 คน ดัง**แผนภาพ 3.7**



แผนภาพ 3.7 การศึกษานำร่อง ณ จังหวัดตราด

3.5.2 ผลการทดสอบความตรงแบบทราบกลุ่ม ผลการทดสอบความตรงด้วยวิธีทราบกลุ่ม (Known-group validity (Davidson, 2014) ซึ่งใช้การเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างกลุ่มผู้สูงอายุปกติ จำนวน 18 คน กับผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก จำนวน 12 คน โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ MANOVA พบว่า ความรวดเร็วในการตอบไม่แตกต่างกัน แต่ความถูกต้องในการตอบผู้สูงอายุปกติทำคะแนนได้สูงกว่าผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความแตกต่างของคะแนนนั้นอยู่ในระดับสูงมาก รายละเอียดดัง**ตาราง 3.2**

ตาราง 3.2 คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่า *F* และขนาดอิทธิพล

ตัวแปร	**กลุ่มผู้สูงอายุ**		***F(df)***	**ค่าขนาดอิทธิพล**
	ปกติ คะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	**เสื่อมระยะเริ่มแรก คะแนนเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)**		
ความรวดเร็วในการตอบ: หน่วยมิลลิวินาที	698.65 (160.06)	866.73 (242.44)	2.83 (1)	.17
ความถูกต้องในการตอบ: หน่วยร้อยละ	56.10 (9.00)	38.83 (5.31)	18.00 (1)**	.56

หมายเหตุ **<.01, ค่า Box's Test of Equality of Covariance Matrices เท่ากับ .07 และค่า Pillai's Trace เท่ากับ 8.38, $p<.05$

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถจำแนกผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.5.3 ผลการทดสอบความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายใน (Internal consistency reliability) ข้อมูลจากผลการวิเคราะห์ค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในด้วยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่า (Alpha's coefficient) พบว่า โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วยข้อคำถามจำนวน 120 ข้อ โดยค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าเท่ากับ .78 ซึ่งสามารถตีความได้ว่าแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเที่ยงในระดับค่อนข้างสูง (Taber, 2018) รายละเอียดดัง**ตาราง 3.3**

ตาราง 3.3 ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเที่ยงของแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (120 ข้อ)

ค่าสถิติพื้นฐานสำหรับการศึกษานำร่อง	ผลการทดสอบ
คะแนนเฉลี่ยทั้งฉบับ	49.63
ค่าความแปรปรวนทั้งฉบับ	132.52
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งฉบับ	11.51
ค่าคะแนนต่ำสุด-สุงสุด	.13 และ .69
ค่าสัมประสิทธิ์อัลฟ่าทั้งฉบับ	.78

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่ากิจกรรมทดสอบทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีความเชื่อมั่นในระดับที่เหมาะสม

3.6 การวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.6.1 การเตรียมตัวก่อนวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง หลังจากผู้สูงอายุตอบรับเข้าร่วมโครงการและนักวิจัยผู้ช่วยได้ประสานนัดหมายกำหนดการและสถานที่เป็นที่เรียบร้อย ก่อนที่ผู้สูงอายุจะเดินทางมาถึงห้องวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ศูนย์ความเป็นเลิศทางวิทยาการปัญญา วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา นักวิจัยผู้ช่วยแจ้งผู้สูงอายุเรื่องการเตรียมตัวก่อนวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังนี้

(1) งดเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ คาเฟอีน น้ำอัดลมก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัยอย่างน้อย 6 ชั่วโมง

(2) สระผมให้สะอาด และงดใช้ครีมนวดผมก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

(3) ไม่ควรใส่คอนแทคเลนส์ ควรใส่แว่นตาหากมีปัญหาการมอง

(4) งดจัดแต่งผมด้วยเจล หรือน้ำยาอื่นใดก่อนเข้าร่วมโครงการวิจัย

3.6.2 การเตรียมอุปกรณ์สำหรับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองของกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุจำนวน 120 คน โดยตัวอย่างอุปกรณ์และการจัดเตรียมอาสาสมัครดัง**แผนภาพ 3.8** ประกอบด้วย

(1) หมวกสำหรับบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง 64 ช่องสัญญาณ (64-Channels Quik-cap ของบริษัท Compumedics Neuroscan) จัดเรียงขั้วไฟฟ้า (Electrode) ตามระบบสากล 10-20 electrode

placement standard (Jasper, 1958) ลักษณะขั้วไฟฟ้าเป็นแบบขั้วเงินคลอไรค์ (Ag/AgCI) และมีสายรัดคางรั้งหมวก (Chin strap)

(2) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) จำนวน 4 ห่อ

(3) ฟองน้ำ Quikcell แบบใช้แล้วทิ้ง สำหรับหมวกบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง จำนวน 10,000 เม็ด

(4) โปรแกรมสำหรับบันทึกและประมวลสัญญาณคลื่นไฟฟ้า CURRY Scan 7 – Neuroimaging Suite (Compumedics Neuroscan)

(5) โปรแกรมสำหรับสร้างกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมอง SuperLab 4.5 (Cedrus Corporation, USA)

(6) เครื่องส่งหมายเลขระบุสิ่งเร้า (StimTracker - Cedrus Corporation, USA) เป็นอุปกรณ์เชื่อมระหว่างโปรแกรม SuperLab 4.5 โปรแกรม CURRY Scan 7- Neuroimaging Suite และเครื่องขยายสัญญาณสมอง SynAmps โดยเครื่องส่งหมายเลขระบุสิ่งเร้านี้จะเป็นตัวระบุ (Trigger หรือ Marker) ณ ช่วงเวลาที่บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองในช่วงเวลาเดียวกับที่สิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยหมายเลขที่ระบุบนคลื่นไฟฟ้าสมองขึ้นอยู่กับเงื่อนไขที่แตกต่างกันของกิจกรรมทดสอบประเภทต่างๆ

(7) เครื่องขยายสัญญาณไฟฟ้าสมอง SynAmps RT 64-channel Amplifier (Compumedics Neuroscan) อัตราการสุ่มเท่ากับ 20,000 เฮิร์ทซ หรือ 20 กิโลเฮิร์ทซ จำนวน 64 ช่องสัญญา ช่วงความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง DC-3,500 Hz ความละเอียด Resolution เท่ากับ 24-bit ความไว (Sensitivity) เท่ากับ 24 nV (DC mode) และ 3 nV (AC mode) สัญญาณรบกวน (Noise – peak-to-peak) น้อยกว่า 0.5 uV (DC mode)



แผนภาพ 3.8 อุปกรณ์สำหรับวัดคลื่นไฟฟ้าสมองและการเตรียมอาสาสมัคร

3.6.3 การตั้งค่าและการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง การกำหนดค่าก่อนการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองหรือระหว่างบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง (Online EEG recording) คำนึงถึง Protocol ของงานวิจัยที่ผ่านมาให้สอดคล้องกันทั้งในเรื่องอุปกรณ์ ตัวแปร กลุ่มตัวอย่าง และเงื่อนไขของกิจกรรมทดสอบที่ใช้ โดยมีรายละเอียดการตั้งค่าและการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังนี้

(1) กำหนดอัตราการสุ่ม (Sampling rate) เท่ากับ 2000 เฮิร์ทซ

(2) กำหนดขั้วไฟฟ้าอ้างอิง (References) M1 และ M2 ณ กระดูก Mastoid หลังใบหูซ้ายและขวา

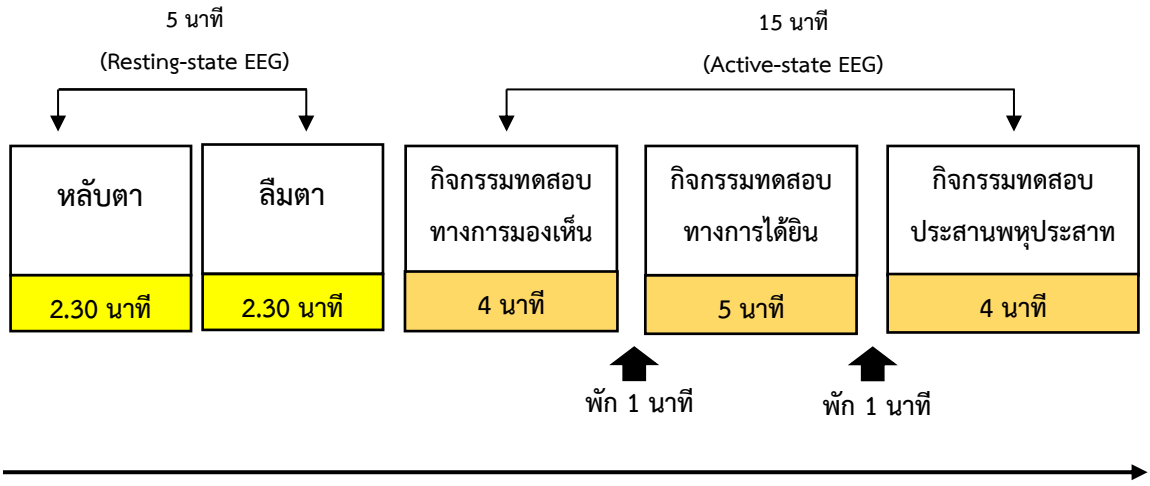
(3) กำหนดตัวกรองย่านความถี่สำหรับบันทึก (Online filtering) ระหว่าง 0.01 ถึง 100 เฮิร์ทซ ครอบคลุมย่านความถี่ตั้งแต่ Delta จนถึง Gamma (0.5 จนถึง 100 เฮิร์ทซ)

(4) กำหนดค่าความต้านทาน (Impedance) แต่ละขั้วให้ต่ำกว่า 5 kΩ

(5) กำหนดหมายเลขระบุสิ่งเร้า (Trigger) เป็น 3 หมายเลข สอดคล้องกับกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นที่มี 3 เงื่อนไข กำหนดหมายเลขระบุสิ่งเร้าเป็น 3 หมายเลข สอดคล้องกับกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินที่มี 2 เงื่อนไข และกำหนดหมายเลขระบุสิ่งเร้าเป็น 2 หมายเลข สอดคล้องกับกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทที่มี 2 เงื่อนไข

(6) กำหนด Protocol สำหรับการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยเริ่มจากการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะหลับตา 2 นาที 30 วินาที ตามด้วยลืมตา 2 นาที 30 วินาที ซึ่งทั้งสองกิจกรรม ถือเป็นการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก (Resting-state EEG) ใช้เวลารวมทั้งหมดประมาณ 5 นาที ต่อมาเริ่มการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

ขณะทำกิจกรรม โดยเริ่มจากบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น 4 นาที พัก 1 นาที แล้วตามด้วยกิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน 5 นาที พัก 1 นาที และกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท 4 นาที ซึ่งทั้งสามกิจกรรม ถือเป็นการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม (Active-state EEG) ใช้เวลารวมทั้งหมดประมาณ 15 นาที (รวมระยะพัก 2 นาที)



แผนภาพ 3.9 ลำดับกิจกรรมทดสอบขณะวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอนได้แก่ ตอนที่ 1 สถิติที่ใช้วิเคราะห์เบื้องต้น ได้แก่ การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ จำนวน ร้อยละ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ความแตกต่างของพารามิเตอร์ของกลุ่มผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI ด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มตามเงื่อนไขของตัวแปรตาม (ANCOVA) โดยมีจำนวนอายุเป็นตัวแปรร่วม (Covariate) และคำนวณขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง (Effect Size) และ ตอนที่ 3 สถิติที่ใช้วิเคราะห์ผลความแม่นยำในการจำแนกภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก ออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ (ก) ผู้สูงอายุปกติ และ (ข) ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ดังรายละเอียดต่อไปนี้

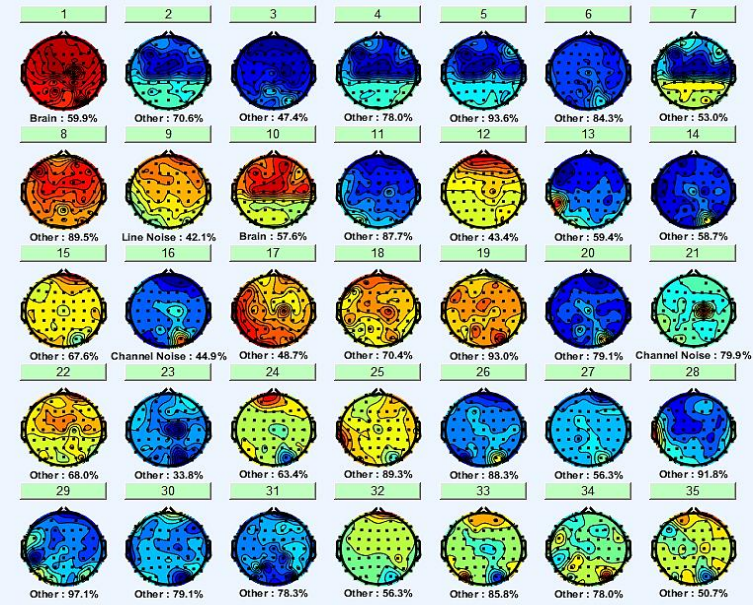
3.7.1 การวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ จำนวน ร้อยละ คะแนนสูงสุด คะแนนต่ำสุด คะแนนเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ด้วยโปรแกรม IBM® SPSS® Premium 27.0

3.7.2 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลค่าพารามิเตอร์จากกิจกรรมทดสอบทั้งสามของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นของ (ก) ผู้สูงอายุปกติ และ (ข) ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ด้วยสถิติทดสอบความแตกต่างกัน (ANCOVA) ผนวกวิธี Bootstrapping ด้วยขนาดตัวอย่าง 1000 และคำนวณขนาดอิทธิพล

ของความแตกต่าง (Effect Size) ด้วยค่า partial eta squared (ηp^2) โดยใช้โปรแกรม IBM® SPSS® Premium 27.0

การตีความค่าขนาดอิทธิพล (ηp^2) ได้แก่ น้อย ($\eta p^2 = 0.01$) ปานกลาง ($\eta p^2 = 0.06$) และมาก ($\eta p^2 = 0.14$) ตามลำดับ (Cohen, 1988; Lakens, 2013)

3.7.3 การคัดกรองคลื่นไฟฟ้าสมองและกำหนดค่าที่เกี่ยวข้อง (Pre-processing) ด้วยโปรแกรม Curry 7 และ MATLAB version 2021a - EEG/ERPLAB โดยกำหนด อัตราการสุ่มคลื่นไฟฟ้าสมอง (Sampling rate) เท่ากับ 500 เฮิร์ทซ กำหนดขั้วไฟฟ้าอ้างอิงเชื่อมสองฝั่ง (M1 และ M2) กำหนดตัวกรองย่านความถี่สำหรับการวิเคราะห์ (Offline filtering) ระหว่าง 0.1 จนถึง 100 เฮิร์ทซ ลดคลื่นรบกวน (Artefact reduction) ด้วยเทคนิค Independent Component Analysis (ICA) (Delorme & Makeig, 2004) แล้วนำองค์ประกอบ (Component) ของ Eye artefact และ Muscle artefact ที่ชัดเจนมากกว่าหรือเท่ากับ 90% ออกจากข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองก่อนวิเคราะห์ (Raw EEG) (Pion-Tonachini, Kreutz-Delgado, & Makeig, 2019) ดัง**แผนภาพ 3.10**



แผนภาพ 3.10 การระบุประเภทของคลื่นรบกวนขององค์ประกอบต่างๆ หลังจากการทดสอบ ICA ด้วยโปรแกรม MATLAB - EEGLAB version 2021.1

3.7.4 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าแถบพลังงาน (Spectral power) ค่าพลังงานสัมบูรณ์ (Absolute power) และค่าพลังงานสัมพัทธ์ (Relative power) ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ขณะทำกิจกรรมทดสอบทั้งสามของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นทั้งของ (ก) ผู้สูงอายุปกติ และ (ข) ผู้สูงอายุเสี่ยง MCI ด้วยเทคนิค Fast Fourier transformation (FFT) ความยาวแต่ละช่วงเท่ากับ 2 วินาที (FFT window length)

การกำหนดความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นย่านต่างๆ (Moretti et al., 2012) พิจารณาจากย่านความถี่คลื่นไฟฟ้าสมอง ดังต่อไปนี้

ย่าน Delta ตั้งแต่ 2.9 จนถึง 4.9 เฮิร์ทซ

ย่าน Theta ตั้งแต่ 4.9 จนถึง 6.9 เฮิร์ทซ

ย่าน Alpha1 ตั้งแต่ 6.9 จนถึง 8.9 เฮิร์ทซ

ย่าน Alpha2 ตั้งแต่ 8.9 จนถึง 10.9 เฮิร์ทซ

ย่าน Alpha3 ตั้งแต่ 10.9 จนถึง 12.9 เฮิร์ทซ

ย่าน Beta1 ตั้งแต่ 12.9 และ 19.2 เฮิร์ทซ

ย่าน Beta2 ตั้งแต่ 19.2 และ 32.4 เฮิร์ทซ

ย่าน Gamma ตั้งแต่ 32.4 จนถึง 45 เฮิร์ทซ

การจำแนกค่าพลังงานสัมพัทธ์ตามย่านความถี่ต่างๆ พิจารณาจากความถี่จาก 2.9 จนถึง 45 เฮิร์ทซ โดยคำนวณจากสูตร (1) (Bian et al., 2014)

$$RP\ (f_1, f_2) = \left(\frac{\boldsymbol{P(f1,f2)}}{\boldsymbol{P(2.9,45)}}\right) \times 100\%$$

โดย $P(.)$ หมายถึง ค่าพลังงานสัมบูรณ์ (Absolute EEG power) $RP(.)$ หมายถึง ค่าพลังงานสัมพัทธ์ และ f_1, f_2 หมายถึงความถี่สัมบูรณ์ต่ำสุดและสูงสุด

สัดส่วนของพลังงงานสำหรับแต่ละย่านความถี่เมื่อเทียบกับความถี่สัมบูรณ์ต่ำสุดและสูงสุดสามารถกำหนดได้ดังต่อไปนี้

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Delta** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 2.9 ถึง 4.9 Hz /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Theta** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 4.9 ถึง 6.9 Hz /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Alpha1** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 6.9 ถึง 8.9 Hz /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Alpha2** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 8.9 ถึง 10.9 Hz /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

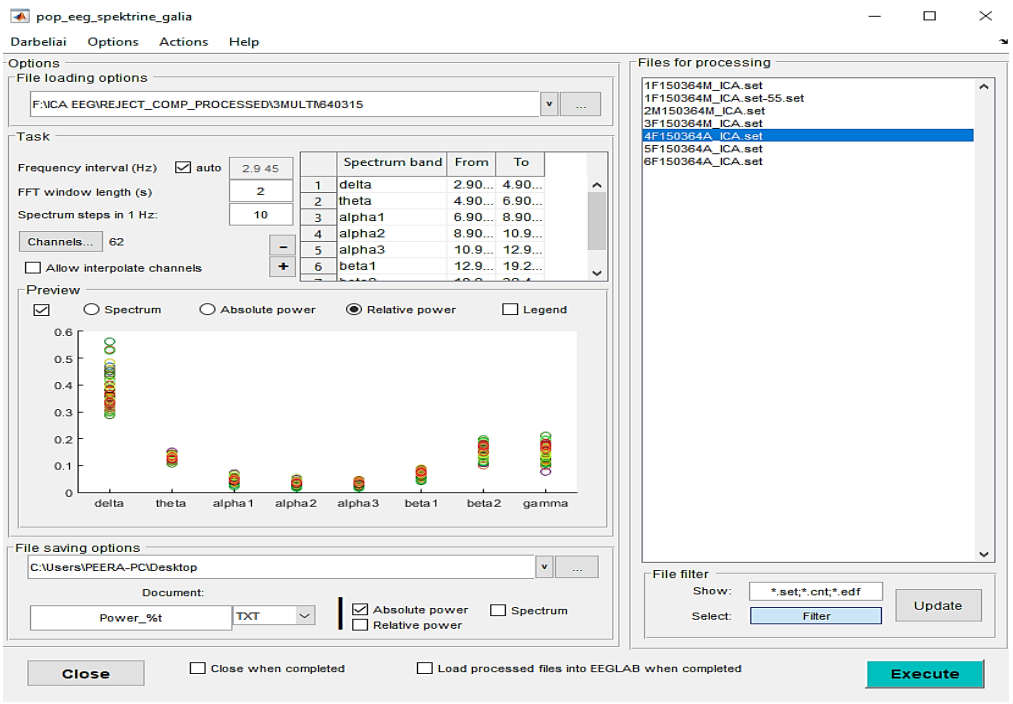
ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Alpha3** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 10.9 ถึง 12.9 เฮิร์ทซ /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Beta1** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 12.9 ถึง 19.2 เฮิร์ทซ /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Beta2** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 19.2 ถึง 32.4 เฮิร์ทซ /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100 และ

ค่าพลังงานสัมพัทธ์สำหรับ**ย่าน Gamma** เท่ากับ (ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่ายความถี่ 32.4 ถึง 45 เฮิร์ทซ /ค่าพลังงานสัมบูรณ์ของย่านความถี่ 2.9 ถึง 45 เฮิร์ทซ) × 100

ย่านความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Curry 7 และ MATLAB version 2021a - EEG/ERPLAB และ Darbeliai version 2019.02.01.1 ดัง**แผนภาพ 3.11** และสถิติทดสอบความแตกต่างกัน (Independent *t*-test) รวมถึงคำนวณขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง (Effect Size) ถูกวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม IBM® SPSS® Premium 27.0



แผนภาพ 3.11 ตัวอย่างการกำหนดความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมองด้วย FFT โดยใช้โปรแกรม MATLAB - Darbeliai version 2019.02.01.1

3.7.5 การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าความโด่ง (Amplitude) มีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV) และความเร็ว (Latency) มีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (Millisecond) ของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบทั้งสามของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นทั้งของ (ก) ผู้สูงอายุปกติ และ (ข) ผู้สูงอายุเสี่ยง MCI ด้วยโปรแกรม MATLAB version 2021a – ERPLAB version 8.10 (Lopez-Calderon & Luck, 2014) โดยมีลำดับในการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ดังนี้

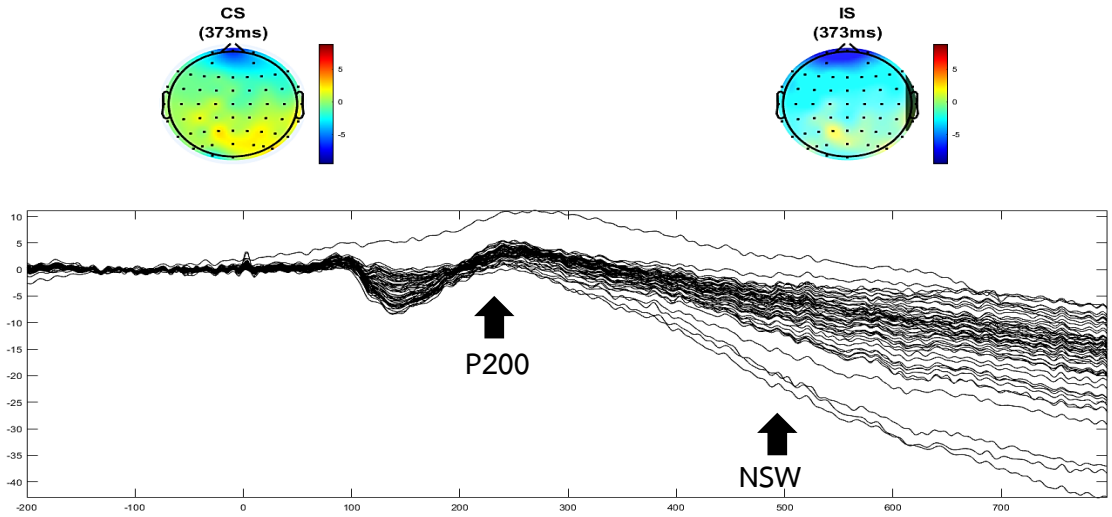
(1) กำหนดค่าตัวเลขสำหรับ Trigger ทั้งหมดด้วยคำสั่ง EventList โดยแทนตัวอักษร (String) ด้วยรหัส -99

(2) จัดกลุ่มพร้อมคำอธิบายสำหรับ Trigger แต่ละตัว/เงื่อนไข ด้วยคำสั่ง BINLISSER

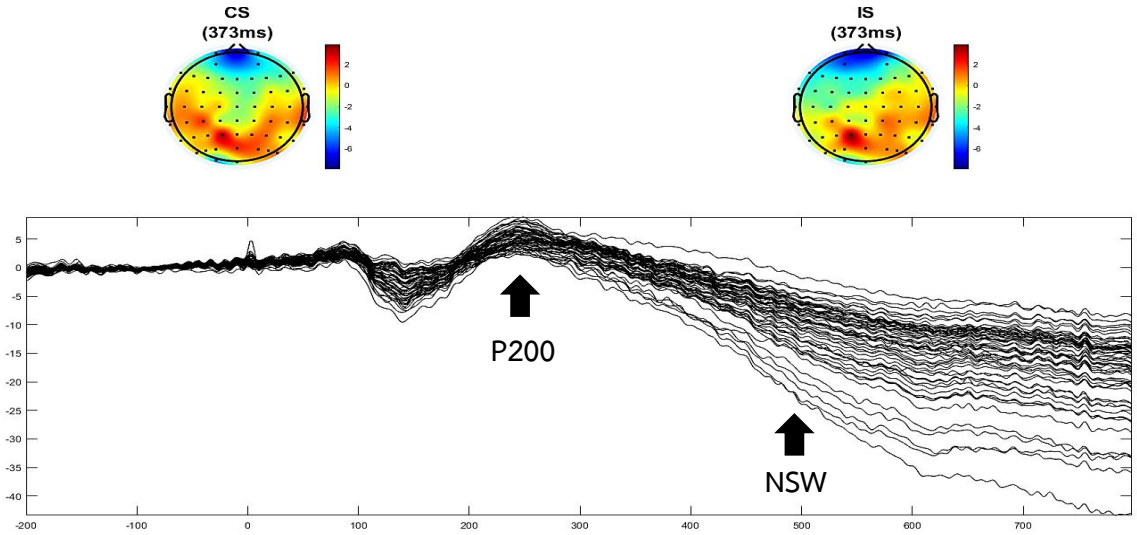
(3) ตัดแบ่งช่วงเวลาสำหรับ Trigger แต่ละตัว/เงื่อนไขเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ -200 จนถึง 800 มิลลิวินาที ด้วยคำสั่ง Extract bin-based epochs

(4) เฉลี่ยคลื่นไฟฟ้าสมองสำหรับ Trigger แต่ละตัว/เงื่อนไข ด้วยคำสั่ง Averaged ERPs

(5) แปลงคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ทั้งค่าความโด่งและความเร็วเป็นตัวเลข (A/D conversion) ด้วยคำสั่ง ERP Measurement Tool โดยกำหนดค่าความโด่งและความเร็วขององค์ประกอบ (Component) ช่วงเวลา ด้วยการร่างคลื่นไฟฟ้าสมองแบบ Butterfly plot ดัง **แผนภาพ 3.12** และตรวจสอบคุณภาพของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ด้วยดัชนี Standardized Measurement Error (SME) (Luck, Stewart, Simmons, & Rhemtulla, 2019)

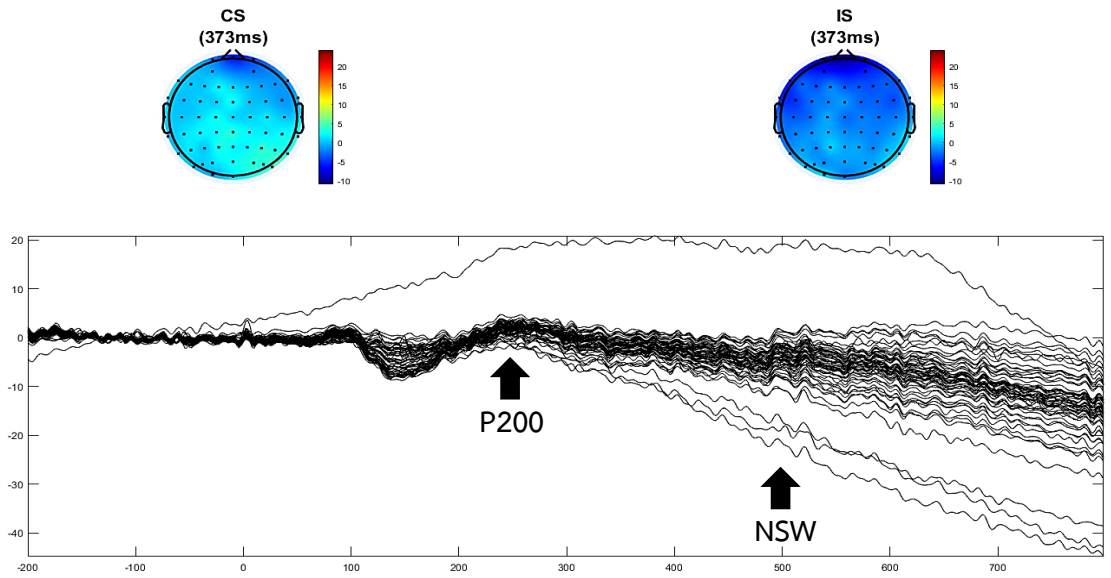


รวมผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม



ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ

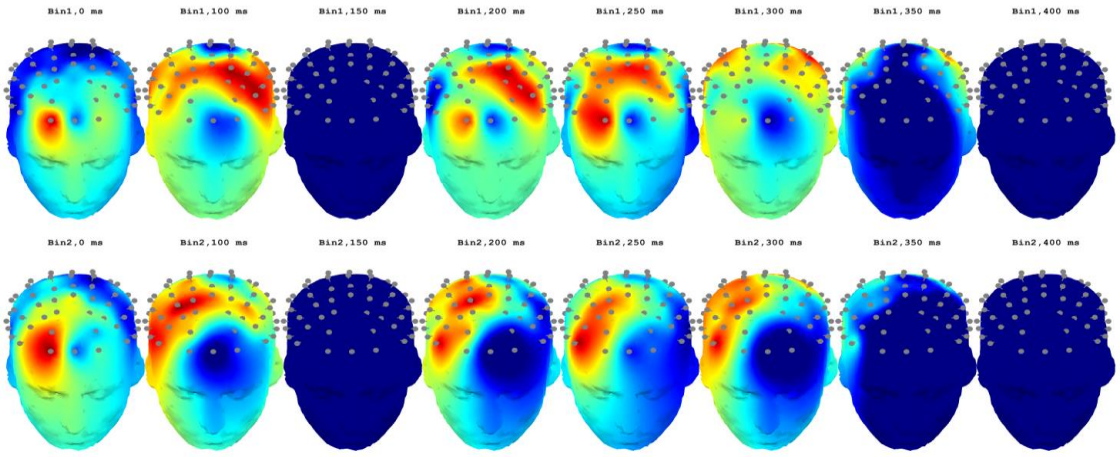
แผนภาพ 3.12 Butterfly plot ของคลื่นไฟฟ้าสมองทุกเงื่อนไข ทุกกลุ่มผู้สูงอายุ และทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด



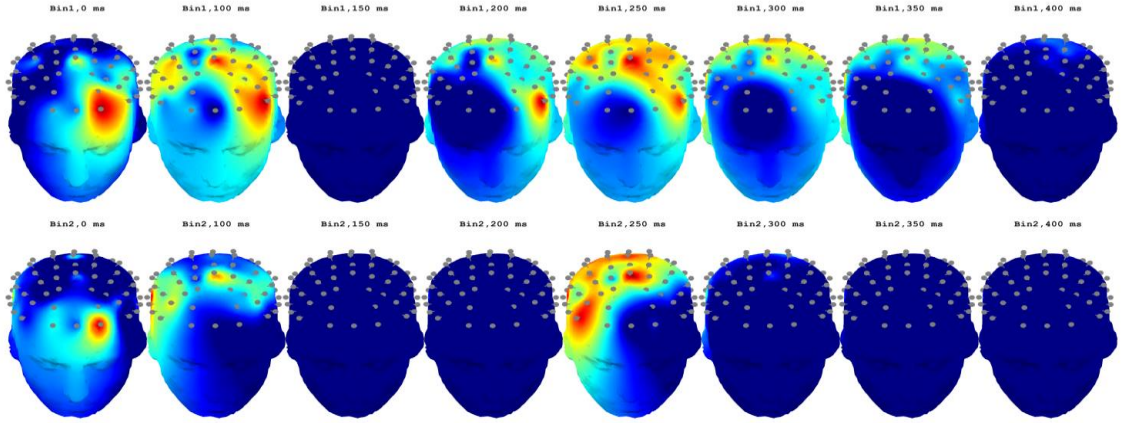
ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

แผนภาพ 3.12 Butterfly plot ของคลื่นไฟฟ้าสมองทุกเงื่อนไข ทุกกลุ่มผู้สูงอายุ และทุกตำแหน่งอิเล็กโทรด (ต่อ)

องค์ประกอบของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ประกอบด้วย P200 และ NSW (Negative slow wave) โดยองค์ประกอบทั้งสองนี้ถูกกำหนดจากการเปลี่ยนแปลงของตำแหน่งสมองที่บันทึกได้แตกต่างกันระหว่างเงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (Bin 1) และเงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (Bin 2) ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ และเสี่ยง MCI ณ ช่วงเวลา 180 – 280 มิลลิวินาที สำหรับ P200 และ ณ ช่วงเวลา 450 – 600 มิลลิวินาที ดัง**แผนภาพ 3.13**



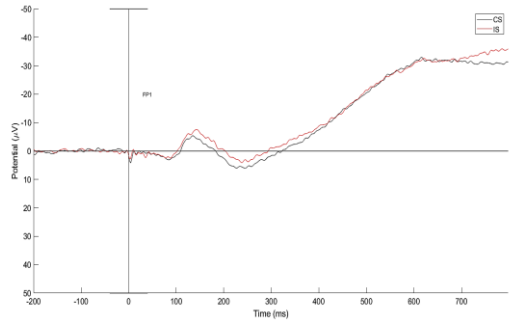
ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



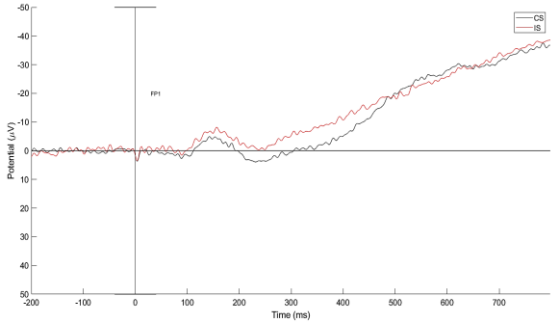
ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

แผนภาพ 3.13 แผนที่ Topography ของคลื่นไฟฟ้าสมองตั้งแต่มิลลิวินาทีที่ 0 จนถึง 400 จำแนกตามเงื่อนไขของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (ทิศทางสอดคล้อง และไม่สอดคล้อง) และกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI)

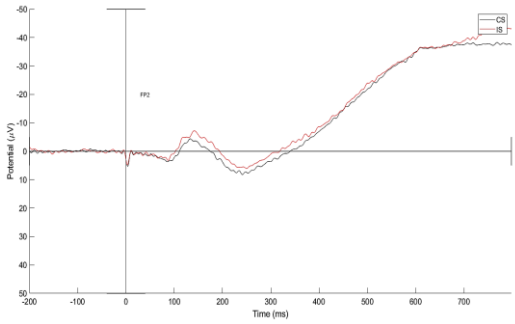
การกำหนดขั้วไฟฟ้าสำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบ P200 และ NSW พิจารณาจากทั้งแผนภาพ **3.13** และ **3.14** โดยองค์ประกอบ P200 วิเคราะห์จากขั้วไฟฟ้า 3 ตำแหน่งของสมองส่วนหน้า ได้แก่ FP1 (สมองส่วนหน้าฝั่งซ้าย) FP2 (สมองส่วนหน้าฝั่งขวา) และ FCz (สมองส่วนหน้าตรงกลาง)



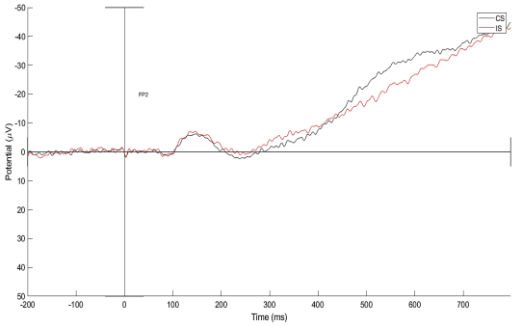
ตำแหน่ง FP1 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



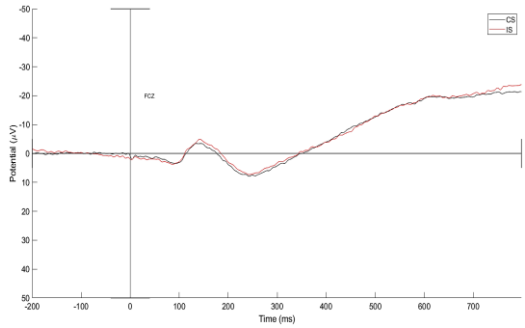
ตำแหน่ง FP1 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI



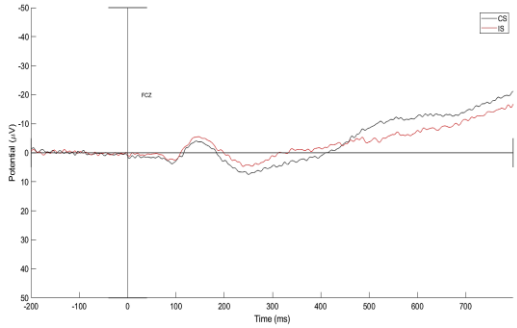
ตำแหน่ง FP2 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



ตำแหน่ง FP2 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI



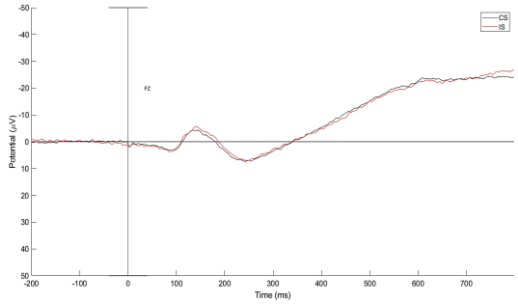
ตำแหน่ง FCz ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



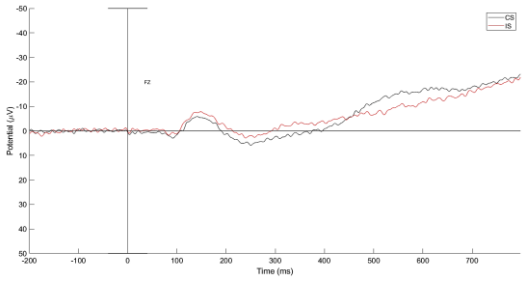
ตำแหน่ง FCz ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

แผนภาพ 3.14 ภาพร่าง ERP ขององค์ประกอบ P200 จำแนกตามขั้วไฟฟ้าสมองส่วนหน้า 3 ตำแหน่ง (FP1 FP2 และ FCz) และตามกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI) หมายเหตุ CS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (สีดำ) และ IS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (สีแดง)

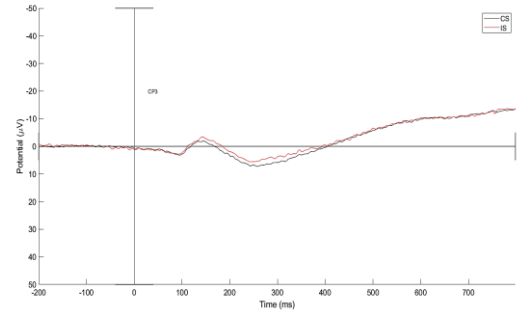
องค์ประกอบ NSW วิเคราะห์จากขั้วไฟฟ้า 6 ตำแหน่งของสมองส่วนหน้า ได้แก่ Fz (สมองส่วนตรงกลาง) CP3 (สมองส่วนกลางและส่วนข้างด้านซ้าย) CP4 (สมองส่วนกลางและส่วนข้างด้านขวา) TP7 (สมองส่วนขมับด้านข้างฝั่งซ้าย) TP8 (สมองส่วนขมับด้านข้างฝั่งขวา) และ POz (สมองส่วนข้างด้านท้ายทอยตรงกลาง) ดัง**แผนภาพ 3.15**



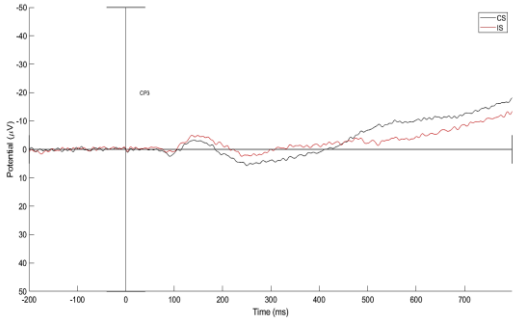
ตำแหน่ง Fz ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



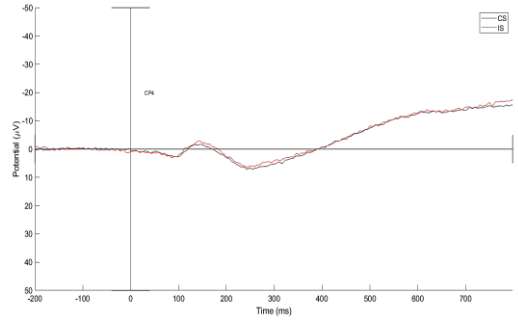
ตำแหน่ง Fz ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI



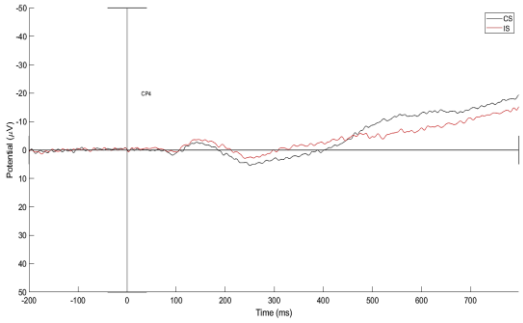
ตำแหน่ง CP3 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



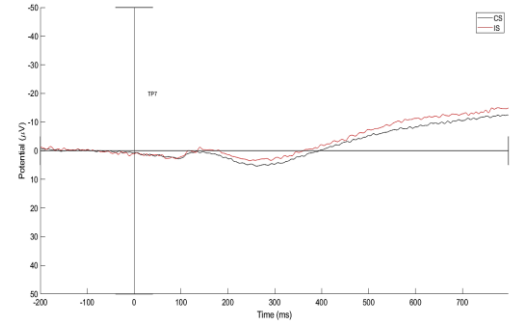
ตำแหน่ง CP3 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI



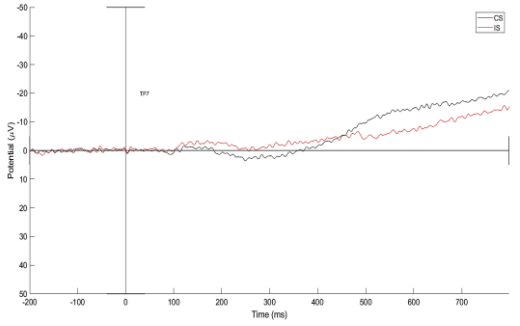
ตำแหน่ง CP4 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



ตำแหน่ง CP4 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

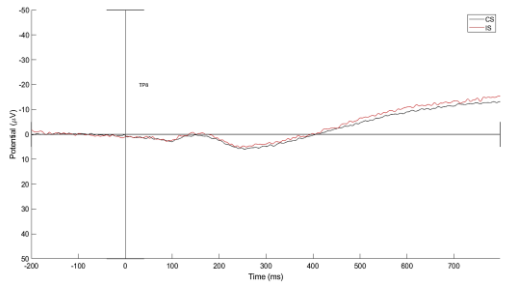


ตำแหน่ง TP7 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ

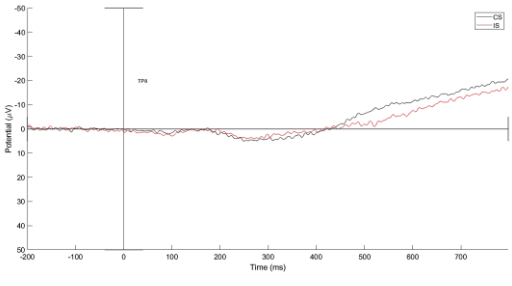


ตำแหน่ง TP7 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

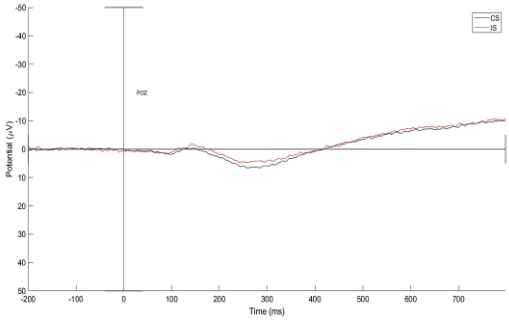
แผนภาพ 3.15 ภาพร่าง ERP ขององค์ประกอบ NSW จำแนกตามขั้วไฟฟ้าสมองส่วนหน้า 7 ตำแหน่ง (FP1 FP2 และ FCz) และตามกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI) <u>หมายเหตุ</u> CS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (สีดำ) และ IS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (สีแดง)



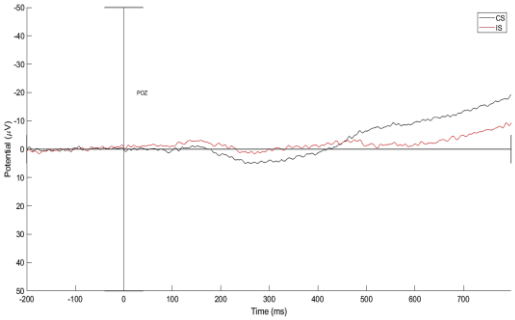
ตำแหน่ง TP8 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



ตำแหน่ง TP8 ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI



ตำแหน่ง POz ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติ



ตำแหน่ง POz ของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

แผนภาพ 3.15 ภาพร่าง ERP ขององค์ประกอบ NSW จำแนกตามขั้วไฟฟ้าสมองส่วนหน้า 7 ตำแหน่ง (FP1 FP2 และ FCz) และตามกลุ่มผู้สูงอายุ (ปกติ และเสี่ยง MCI) (ต่อ) หมายเหตุ CS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง (สีดำ) และ IS หมายถึง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง (สีแดง)

สำหรับการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ของคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ใช้สถิติทดสอบความแตกต่างกัน (ANOVA/MANOVA) และคำนวณขนาดอิทธิพลของความแตกต่าง (Effect Size) ด้วยโปรแกรม IBM® SPSS® Premium 27.0

3.7.6 การวิเคราะห์ค่าความไว (Sensitivity) และความจำเพาะ (Specificity) เพื่อกำหนดจุดตัด (Cut-off Score) พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมจากกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท และคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Python

3.7.7 วิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการจำแนกผู้สูงอายุทั้ง 2 กลุ่ม (ปกติ และเสี่ยง MCI) ด้วยโปรแกรม Python – Scikit-learn และขั้นตอนวิธี ประเภทต่างๆ ได้แก่

(1) Random forest

(2) Linear support vector machines (LinearSVM)

(3) K-nearest neighbors (Kneighbors)

(4) Neural network แบบ Multilayer perceptron (MLP)

3.7.7.1 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ขั้นตอนวิธี

เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ขั้นตอนวิธีได้แก่ 1) เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 โดยมีหน่วยประมวลผลกลาง Intel Core i9 หน่วยความจำ 16 กิกะไบต์ และหน่วยประมวลผลภาพ NVIDIA GEFORCE 2) โปรแกรม Visual studio code ใช้สำหรับเขียนคำสั่งประมวลผลขั้นตอนวิธี 3) โปรแกรมประมวลคำสั่งภาษา Python เวอร์ชั่น 2.7 แบบ 32 บิต และ 4) ไลบรารี Scikit-learn สำหรับพัฒนาขั้นตอนวิธีสำหรับการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อจำแนกข้อมูล โดยใช้ไลบรารีย่อย (Sub-library) ได้แก่ (1) คำสั่ง sklearn.ensemble.RandomForestClassifier สำหรับวิธี Random forest (2) sklearn.svm สำหรับวิธี LSVM (3)คำสั่ง sklearn.neighbors.NearestNeighbors สำหรับวิธี K-nearest neighbors (KNN) และ (4) คำสั่งsklearn.neural_network.MLPClassifier สำหรับวิธี Neural network แบบ MLP

3.7.7.2 การตรวจสอบประสิทธิภาพ

การตรวจสอบประสิทธิภาพของทั้ง 4 โมเดล ใช้วิธี Cross validation แบบ Holdout method โดยข้อมูลจะถูกสุ่มเลือกออกเป็นสองส่วนคือ 1) ข้อมูลสำหรับการฝึก (Training) เพื่อใช้ในการพัฒนาโมเดล 2) ข้อมูลสำหรับตรวจสอบ (Validation) เพื่อใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพของโมเดล ซึ่งทุกโมเดลจะได้รับข้อมูลสำหรับการฝึกจำนวน 90 รายการ คิดเป็น 75% ของข้อมูลทั้งหมด และข้อมูลสำหรับตรวจสอบจำนวน 30 รายการ คิดเป็น 25% ของข้อมูลทั้งหมด ในการแบ่งข้อมูลใช้คำสั่ง sklearn.model.selection ของไลบรารี Scikit-learn กำหนด test_size = 0.25

3.7.7.3 การเตรียมข้อมูลสำหรับฝึกโมเดล

ข้อมูลจัดเก็บอยู่ในไฟล์ประเภท csv มีตัวแปรสำหรับโมเดลเชิงพฤติกรรม ประกอบด้วย AVEF_RA, MSIVGain_RA, MSIAGain_RA, MSIVGain_RT, VRA, AEF_RT, ART, ARA, AVRA, AVGain_RA, VEF_RA, AEF_RA, AVRT, VRT, MSIAGain_RT, AVGain_RT, VEF_RT, AVEF_RT, AGE และ Dx

ตัวแปรสำหรับโมเดล ERP ประกอบด้วย NSWl1Fz, NSWl1TP7, NSWl1CP3, NSWl1CP4, NSWl1TP8, NSWl1POz, NSWl2Fz, NSWl2TP7, NSWl2CP3, NSWl2CP4, NSWl2TP8, NSWl2POz, NSWm1Fz, NSWm1TP7, NSWm1CP3, NSWm1CP4, NSWm1TP8, NSWm1POz, NSWm2Fz, NSWm2TP7, NSWm2CP3, NSWm2CP4, NSWm2TP8, NSWm2POz, P200m1FP1, P200m1FP2, P200m1FCz, P200m2FP1, P200m2FP2, P200m2FCz, P200l1FP1, P200l1FP2, P200l1FCz, P200l2FP1, P200l2FP2, P200l2FCz และ Dx

ตัวแปรสำหรับโมเดล EEG ประกอบด้วย 'Delta1, Delta2, Theta1, Theta2, Alpha1_1, Alpha1_2, Alpha2_1, Alpha2_2, Alpha3_1, Alpha3_2, Beta1_1, Beta1_2, Beta2_1, Beta2_2, Gamma_1, Gamma2 และ Dx

โดยจัดการทำกับตัวแปรที่ไม่มีค่า (Missing value) ด้วยการแทนค่า 0 และเปลี่ยนค่าในตัวแปร Dx จาก 1 (ผู้สูงอายุกลุ่ม ปกติ) เป็น 0 และจาก 2 (ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI) เป็น 1 นอกจากนี้ทุกโมลเดลใช้การปรับข้อมูล (Transformed data) ให้เป็นค่ามาตรฐาน (Standardized) โดยใช้ฟังก์ชั่น StandardScaler() ใช้คำสั่ง sklearn.preprocessing

3.7.7.4 ขั้นตอนวิธีและการกำหนดค่าพารามิเตอร์

ขั้นตอนวิธีสำหรับวิเคราะห์เปรียบเทียบความสามารถในการจำแนกผู้สูงอายุ ประกอบไปด้วย 4 วิธี โดยมีรายละเอียดดังนี้

(1) Random forest เป็นขั้นตอนวิธีในการประมาณค่าด้วยสุ่มตัวแปรออกมาเป็นค่าในลักษณะต้นไม้ตัดสินใจจำนวนมาก ในต้นไม้จะประกอบไปด้วยโหนด (Node) ที่มีลักษณะเงื่อนไขแตกต่างกับต้นไม้ต้นอื่น ๆ โดยได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากต้นไม้หลายต้น (Branch) ในการทำนายเพื่อจำแนกผู้สูงอายุออกเป็นสองกลุ่ม (Class) ซึ่งเป็นหน่วยที่อยู่ลึกสุดของต้นไม้ (Leaf) โดยกำหนดให้

- n_estimators มีค่าเท่ากับ 100 หมายถึงมีจำนวนต้นไม้ตัดสินใจจำนวน 100 ต้นหรือโมเดลย่อย
- กำหนดเงื่อนไขตัดสินใจ (criterion) มีค่าเท่ากับ gini หมายถึง เงื่อนไขในการประเมินการตัดสินใจในการแบ่งข้อมูลด้วยฟังก์ชัน Gini impurity
- กำหนดการแบ่งข้อมูลขั้นต่ำ (min_sample_split) เท่ากับ 2 หน่วย 4) กำหนดความลึกของต้นไม้แต่ละต้นเท่ากับ ค่าสูงสุดที่เป็นไปได้ของใบ (leaves) หรือเท่ากับ min_sample_split
- กำหนดให้หยุดแบ่งข้อมูลเมื่อมีใบเท่ากับ 2 (min_sample_leaf)
- กำหนดให้สุ่มจำนวนตัวแปรได้สูงสุด (feature) เท่ากับ ค่ารากที่สองของจำนวนตัวแปรทั้งหมด (square root of feature number) และ
- กำหนดการสุ่มตัวอย่าง (bootstrapping) จากข้อมูลทั้งหมดออกเป็นส่วนๆ ที่มีตัวแปรไม่เหมือนกัน

(2) Support vector machine เป็นขั้นตอนวิธีในการตัดสินใจโดยการแบ่งข้อมูลออกเป็นสองส่วนและฝึกโดยการสร้างเส้นแบ่ง (Hyperlane) ระหว่างข้อมูลสองส่วนนั้น และหาค่าระยะห่างระหว่างขอบเขตที่มากที่สุด การศึกษานี้ใช้วิธีแบ่ง (Classification) ข้อมูลเชิงเส้นตรง (Linear) โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของวิธีดังกล่าว ดังนี้

- กำหนดการประมาณค่าสัมประสิทธิ์แบบ Penalized ให้ penalty เท่ากับ l2
- กำหนด Loss function ด้วยวิธี the square of the hinge loss ให้ loss เท่ากับ squared_hige
- กำหนดการแบ่ง class ออกเป็นมากกว่า 1 class โดยให้ multi_class เท่ากับ ovr
- กำหนดค่าสูงสุดในการประมวลผล ให้ max_iter เท่ากับ 1000 รอบ

(3) K-nearest neighbors เป็นขั้นตอนวิธีจำแนกข้อมูลที่มีลักษณะกระจาย โดยคำนวณจากระยะห่างของข้อมูล โดยจะเลือกข้อมูลที่ระยะใกล้ที่สุดตามจำนวนที่กำหนด (K) แล้วจึงสกัดข้อมูลที่ได้มาและทำการประเมินประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของวิธีดังกล่าวมีดังนี้

- กำหนดวิธีคำนวณระยะห่างข้อมูลด้วยฟังก์ชันสหสัมพันธ์โคไซน์ โดยให้ metric เท่ากับ consine
- กำหนดจำนวนเพื่อนบ้าน โดยให้ k เท่ากับ 30

(4) Neural network แบบ MLP ขั้นตอนวิธีโครงข่ายประสาทเทียมประกอบไปหน่วยย่อยที่เชื่อมต่อกันเป็นเซลล์ประสาท แต่ละเซลล์ประสาทจะมีจุดรับสัญญาขาเข้าได้หลายทางและจุดสัญญาขาออกเพียงทางเดียว ซึ่งจุดรับสัญญาณขาเข้าจะมีการค่าถ่วงน้ำหนัก จะส่งผลต่อการคำนวณผลรวมของค่าฟังค์ชั่นการทำงานของเซลล์นั้นๆ ในการส่งออกไปยังจุดสัญญาขาออก โดยการเชื่อมต่อของเซลล์ประสาทอาจแบ่งเป็นหลายชั้น (MLP) ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของโครงข่ายประสาทแบบป้อนไปข้างหน้า (Feed forward neural network) ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ประสิทธิภาพสูงสุดของวิธีดังกล่าว เพื่อจำแนกผู้สูงอายุทั้ง 2 กลุ่ม (ปกติ และเสี่ยง MCI) มีดังนี้

- กำหนดเซลล์ประสาทชั้นซ่อน (hidden layer) จำนวน 2 ชั้น โดยชั้นแรกมีจำนวนเซลล์ประสาทเท่ากับ 90 ชั้นที่สองมี 20 เซลล์ โดยกำหนด hidden_layer_sizes เท่ากับ (90,20)
- กำหนดค่าสูงสุดในการประมวลผล ให้ max_iter เท่ากับ 1000 รอบ
- กำหนดใช้ Activation function ของ Threshold ในการส่งออกไปยังสัญญาขาออก โดยใช้ฟังก์ชัน the rectified linear unit กำหนดให้ activation เท่ากับ relu
- กำหนดวิธีประมาณค่าพารามิเตอร์ โดยใช้ Stochastic gradient-based optimizer กำหนดให้ Solver เท่ากับ adam

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในบทที่ 4 แบ่งออกเป็น 6 ตอน โดยเริ่มจาก (1) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI (2) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเชิงพฤติกรรมจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (3) ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเชิง คลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเทคนิค EEG จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (4) ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ (5) ผลการทดสอบความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ และ (6) ผลการจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุด้วยขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเรื่องด้วยพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ตามลำดับ

4.1 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของข้อมูลผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI

ผลการเปรียบเทียบข้อมูลพื้นฐานของผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ในด้านอายุ การศึกษา เพศ ความถนัดในการใช้มือ มื้ออาหารต่อวัน โรคประจำตัว การบาดเจ็บที่สมองหรือประวัติการผ่าตัดสมอง ประวัติโรคจิตเวช การมองเห็น การได้ยิน และประวัติโรคกล้ามเนื้อตาหรือการผ่าตัดกล้ามเนื้อตา พบว่า โดยส่วนมากผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มไม่แตกต่างกัน ยกเว้นตัวแปรอายุ ซึ่งผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีอายุมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประมาณ 3 ปีโดยเฉลี่ย ดังนั้นตัวแปรอายุจึงถูกใช้เป็นตัวแปรร่วมในการทดสอบสถิติต่อไป ส่วนผลการทดสอบจากแบบทดสอบ MMSE SMC TGDS IADL และ IADL พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบสภาพสมองต่ำกว่ากลุ่มปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประมาณ 6 คะแนน เช่นเดียวกับคะแนนเฉลี่ยแบบทดสอบความจำรำพัน ซึ่งผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีคะแนนสูงกว่ากลุ่มปกติประมาณ 2 คะแนนโดยเฉลี่ย รายละเอียดดัง**ตาราง 4.1**

ตาราง 4.1 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรพื้นฐานระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	
อายุ	65.63	4.34	60-81	68.85	6.23	60-85	<.01
การศึกษา (จำนวนปี)	7.82	4.89	2-16	5.61	3.74	1-18	.06
MMSE-2	28.07	1.18	27-30	22.17	1.55	20-26	<.01
SMC	4.17	2.67	0-10	5.57	3.12	1-14	.01
TGDS	4.61	3.34	0-12	5.72	3.71	0-12	.28
ADL	19.25	0.50	19-20	19.21	1.23	15-20	.95
IADL	10.00	0.01	10-10	9.58	0.90	7-10	.06
เพศ ชาย (%) หญิง (%)	 46.40 51.10			 53.60 48.90			.83
ความถนัดในการใช้มือ ขวา (%) ซ้าย (%)	 100 0			 100 0			.52
มื้ออาหาร 3 มื้อ (%) <3 มื้อ (%)	 81.80 18.20			 85.10 14.90			.44
โรคประจำตัว ไม่มี (%) มี (%)	 66.7 33.3			 47.8 52.2			.05
บาดเจ็บที่สมอง/ผ่าตัดสมอง ไม่เคย (%) มี (๔)	 100 0			 100 0			-

ตาราง 4.1 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของตัวแปรพื้นฐานระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) (ต่อ)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	
โรคทางจิตเวช							-
ไม่มี (%)		100			100		
มี (๔)		0			0		
การมองเห็น							.37
ปกติ (%)		79.50			74.50		
ใส่แว่น (%)		20.50			25.50		
การได้ยิน							-
ปกติ (%)		100			100		
ใส่เครื่องช่วยฟัง (%)		0			0		
โรคกล้ามเนื้อตา/ผ่าตัดกล้ามเนื้อตา							.36
ไม่เคย (%)		93.30			88.90		
เคย (%)		6.70			11.10		

หมายเหตุ *p* = ทดสอบความแตกต่างด้วยสถิติทดสอบ t-test หรือสถิติทดสอบ Chi-square test (Fisher exact test)

4.2 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของคะแนนเชิงพฤติกรรมจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์

ข้อมูลคะแนนเชิงพฤติกรรมจากกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นของผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม แบ่งเป็น 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (VRA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (VRT) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (VCRA) และความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (VCRT) ผลการเปรียบเทียบโดยควบคุมอิทธิพลของอายุของทั้งสองกลุ่ม พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีความถูกต้องในการตอบทั้งโดยรวมและเงื่อนไขซับซ้อนมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความเร็วในการ

ตอบทั้งโดยรวมและเงื่อนไขซับซ้อน พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มปกติเร็วกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับมากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.2**

ตาราง 4.2 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)

ตัวแปร	**ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ**			**ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI**				ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**คะแนนต่ำสุด-สูงสุด**	**คะแนนเฉลี่ย**	**ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน**	**คะแนนต่ำสุด-สูงสุด**	*p*	
VRA	.90	.13	.49-1.00	.82	.19	.10-1.00	.04*	0.03
VRT	1380.20	281.66	942.96-2051.40	1664.44	385.84	1025.91-2618.84	<.01**	0.13
VCRA	.80	.28	.00-1.00	.64	.36	.00-1.00	.02*	0.05
VCRT	1373.96	316.79	936.71-2094.88	1607.18	443.34	982.00-2973.00	<.01**	0.06

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

ข้อมูลคะแนนเชิงพฤติกรรมจากกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินของผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม แบ่งเป็น 4 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (ARA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (ART) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (ACRA) และความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (ACRT) ผลการเปรียบเทียบโดยควบคุมอิทธิพลของอายุของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อนเท่านั้นที่แตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI โดยที่ ผู้สูงอายุกลุ่มปกติจะตอบเร็วกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.3**

ตาราง 4.3 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI				ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	*p*	
ARA	.72	.23	.09-1.00	.63	.23	.09-1.00	.07	0.03
ART	1471.64	195.61	1249.92-2413.00	1563.77	310.93	1227.31-3402.31	.11	0.02
ACRA	.52	.36	.00-1.00	.37	.32	.09-1.00	.06	0.03
ACRT	1595.46	224.41	1244.00-2383.00	1784.62	384.69	1229.70-3577.00	.01**	0.07

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

ข้อมูลคะแนนเชิงพฤติกรรมจากกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นของผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม แบ่งเป็น 10 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (MSI_RA) ความเร็วในการตอบโดยรวม (MSI_RT) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (MSIC_RA) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (MSIC_RT) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (AVGain_RA) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (AVGain_RT) ความแม่นยำในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (MSIVGain_RA) ความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (MSIVGain_RT) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (MSIAGain_RA) และความเร็วในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (MSIAGain_RT) ตามลำดับ

ผลการเปรียบเทียบโดยควบคุมอิทธิพลของอายุของทั้งสองกลุ่ม พบว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีความถูกต้องในการตอบโดยรวมและในเงื่อนไขซับซ้อนมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับความเร็วในการตอบพบว่ามีความแตกต่างกันน้อยกว่าเมื่อเทียบระหว่างการมองเห็นและการได้ยินในระดับมาก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความแตกต่างระหว่างความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท พบว่าแตกต่างกันมากกว่าในผู้สูงอายุกลุ่มปกติเมื่อเทียบกับกลุ่มเสี่ยง MCI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในระดับมาก รายละเอียดดัง **ตาราง 4.4**

ตาราง 4.4 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI				ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	*p*	
MSI_RA	.68	.19	.00-.97	.50	.17	.00-.70	<.01**	0.15
MSI_RT	1727.82	233.36	1221.29-2207.70	1727.65	245.62	1291.60-2674.50	.85	<0.01
MSIC_RA	.34	.31	.00-.96	.02	.05	.00-.25	<.01**	0.31
MSIC_RT	2043.54	309.57	1242.00-2764.25	1935.34	357.84	1243.00-2706.00	.27	0.02
AVGain_RA	-66.19	144.90	-935.00-37.06	-58.27	94.02	-400.00-89.04	.93	<0.01
AVGain_RT	5.89	16.89	-44.97-34.74	-8.30	23.77	-70.10-52.95	<.01**	0.09
MSIVGain_RA	22.87	22.21	-27.42-98.28	24.70	73.16	-494.92-100.00	.88	<0.01
MSIVGain_RT	-30.47	27.39	-99.53-14.43	-10.45	24.31	-84.14-44.69	<.01**	0.11
MSIAGain_RA	-14.29	116.18	-857.74-95.08	2.81	61.17	-213.56-100.00	.52	<0.01
MSIAGain_RT	-18.86	16.66	-64.84-37.18	-12.99	15.02	-48.38-31.11	.15	0.02

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

4.3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนเชิงคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเทคนิค EEG จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์

การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองในเชิงพลังงานสัมพัทธ์จากย่านความถี่ 8 ย่าน ได้แก่ Delta Theta Alpha1 Alpha2 Alpha3 Beta1 Beta2 และ Gamma โดยควบคุมอิทธิพลของอายุของทั้งสองกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง) มีเพียงพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Beta2 แตกต่างกัน โดยที่ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีร้อยละพลังงานสัมพัทธ์ต่ำกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับน้อย อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.5**

ตาราง 4.5 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60): หน่วย%

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*	ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด		
เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง								
Delta	34%	13%	13-68%	29%	13%	7-66%	.13	0.02
Theta	12%	3%	6-21%	11%	4%	4-25%	.29	0.01
Alpha1	7%	2%	3-16%	7%	3%	3-23%	.74	<0.01
Alpha2	5%	2%	2-16%	5%	2%	2-10%	.28	0.01
Alpha3	4%	1%	1-10%	4%	1%	1-7%	.63	<0.01
Beta1	10%	4%	3-19%	10%	3%	3-17%	.91	<0.01
Beta2	16%	6%	5-31%	19%	8%	2-42%	.03*	0.04
Gamma	12%	6%	3-27%	16%	7%	1-34%	.08	0.03
เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง								
Delta	34%	14%	10-68%	29%	14%	7-67%	.24	0.01
Theta	12%	3%	5-22%	11%	4%	3-23%	.54	<0.01
Alpha1	7%	2%	3-15%	7%	3%	3-24%	.92	<0.01
Alpha2	5%	2%	2-15%	5%	2%	2-10%	.33	<0.01

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

ตาราง 4.5 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60): หน่วย% (ต่อ)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			*p*	ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด		
Alpha3	4%	2%	1-12%	4%	1%	1-7%	.39	<0.01
Beta1	10%	3%	3-19%	10%	3%	2-23%	.81	<0.01
Beta2	16%	6%	5-29%	19%	8%	2-44%	.12	0.02
Gamma	13%	6%	3-32%	16%	7%	1-37%	.17	0.02

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

4.4 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์

การเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P200 ทั้งความโด่งและความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังควบคุมอิทธิพลของอายุจากทั้งสองกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีความโด่งของ P200 ณ ตำแหน่งของสมองส่วนหน้าฝั่งขวาสำหรับเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง สูงกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับปานกลาง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีความโด่งของ P200 สูงกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ณ สมองส่วนหน้าฝั่งซ้าย ขวา และตรงกลางในระดับน้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความเร็วของ P200 ของผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ไม่แตกต่างกับทั้งเงื่อนไขทิศทางสอดคล้องและไม่สอดคล้อง รายละเอียดดัง**ตาราง 4.6**

ตาราง 4.6 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P200 ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60): หน่วย μV สำหรับความโด่ง และมิลลิวินาทีสำหรับความเร็ว

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*	ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด		
ความโด่งของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง								
P200 FP1	4.29	12.31	-22-45	.78	12.21	-58-32	.07	0.03
P200 FP2	5.92	16.90	-35-93	-.19	11.84	-41-46	.01*	0.06
P200 FCz	5.97	14.19	-16-87	3.13	9.65	-9-57	.17	0.02
ความโด่งของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง								
P200 FP1	1.65	10.44	-36-30	-2.93	12.40	-52-19	.04*	0.04
P200 FP2	3.75	10.09	-26-36	-1.51	11.74	-51-21	.01**	0.05
P200 FCz	4.90	12.26	-11-78	.85	12.08	-52-46	.07	0.03
ความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง								
P200 FP1	233.48	12.20	196-260	233.07	11.74	202-254	.55	<0.01
P200 FP2	232.76	12.55	202-260	233.72	14.32	202-260	.18	0.02
P200 FCz	231.21	13.92	196-254	231.28	14.08	202-254	.91	<.01
ความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง								
P200 FP1	233.07	10.29	202-254	231.38	12.95	208-260	.41	0.01
P200 FP2	233.72	11.27	202-260	230.00	12.71	196-254	.08	0.03
P200 FCz	231.28	12.97	202-254	232.62	13.75	196-260	.86	<.01

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

การเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ NSW ทั้งความโด่งและความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมองหลังควบคุมอิทธิพลของอายุจากทั้งสองกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มปกติและกลุ่มเสี่ยง MCI ไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้องหรือไม่สอดคล้อง รวมถึงไม่แตกต่างกันไม่ว่าจะวิเคราะห์ ณ ขั้วไฟฟ้าตำแหน่งใด รายละเอียดดัง**ตาราง 4.7**

ตาราง 4.7 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ NSW ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*	ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด		
ความโด่งของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง								
NSW Fz	-19.26	42.24	-259.19-54.98	-14.20	39.88	-151.19-174.62	.55	<0.01
NSW TP7	-7.38	42.27	-293.04-71.45	-12.61	21.48	-103.95-14.51	.67	<0.01
NSW CP3	-8.46	24.40	-109.41-55.66	-8.72	26.77	-116.47-84.18	.98	<0.01
NSW CP4	-10.83	27.52	-143.73-42.50	-10.86	24.02	-117.92-61.51	.86	<0.01
NSW TP8	-7.93	29.69	-170.45-63.75	-9.13	24.09	-97.40-41.15	.88	<0.01
NSW POz	-6.80	42.03	-263.26-112.76	-8.09	23.36	-94.24-47.65	.93	<0.01
ความโด่งของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง								
NSW Fz	-17.99	41.18	-266.17-37.57	-9.83	40.64	-149.88-175.51	.33	0.01
NSW TP7	-9.00	42.09	-297.24-62.95	-6.76	25.84	-102.16-133.04	.53	<0.01
NSW CP3	-8.02	23.19	-108.70-50.11	-4.18	31.61	-115.27-135.56	.46	0.01
NSW CP4	-10.35	26.21	-145.44-38.83	-6.45	28.97	-155.47-131.76	.40	0.01
NSW TP8	-8.73	30.03	-176.72-56.11	-4.90	30.03	-100.13-142.75	.46	0.01

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

ตาราง 4.7 ค่าสถิติและการเปรียบเทียบความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ NSW ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) กับกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) (ต่อ)

ตัวแปร	ผู้สูงอายุกลุ่มปกติ			ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI			*p*	ηp^2
	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนต่ำสุด-สูงสุด		
NSW POz	-5.97	41.32	-272.06-94.60	-1.77	30.15	-94.29-141.95	.55	<0.01
ความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางสอดคล้อง								
NSW Fz	562.14	17.04	512-606	562.91	20.81	504-614	.95	<0.01
NSW TP7	558.24	19.69	492-606	558.56	21.66	504-600	.91	<0.01
NSW CP3	558.10	17.08	524-600	562.63	22.92	504-606	.15	0.02
NSW CP4	562.24	17.07	524-600	564.53	21.45	504-606	.34	0.01
NSW TP8	561.24	17.68	512-600	562.28	20.80	518-606	.73	<0.01
NSW POz	558.59	19.61	504-606	560.32	22.66	504-600	.78	<0.01
ความเร็วของคลื่นไฟฟ้าสมอง เงื่อนไขทิศทางไม่สอดคล้อง								
NSW Fz	557.79	22.01	498-606	559.86	20.29	518-614	.71	<0.01
NSW TP7	554.38	20.23	498-594	558.32	18.70	518-606	.19	0.02
NSW CP3	556.45	23.74	486-606	560.60	20.30	512-606	.29	0.01
NSW CP4	558.93	21.26	498-606	560.98	20.47	512-600	.53	<0.01
NSW TP8	556.00	22.18	504-594	558.67	18.74	518-600	.68	<0.01
NSW POz	555.83	24.06	504-614	556.18	21.11	512-606	.80	<0.01

หมายเหตุ อายุเป็นตัวแปรร่วม

4.5 ผลการทดสอบความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบจากโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์

ข้อมูลจาก**ตาราง 4.8** แสดงให้เห็นถึงความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 กิจกรรมของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ ได้แก่ กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นประกอบไปด้วยสิ่งเร้าจำนวน 72 สิ่งเร้า มีความเที่ยงเท่ากับ .93 ซึ่งสามารถตีความได้ว่าเป็นกิจกรรมที่มีความเที่ยงสูงมาก เช่นเดียวกับกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินและบูรณาการพหุประสาท ซึ่งประกอบไปด้วยสิ่งเร้าจำนวน 63 และ 60 สิ่งเร้า และมีความเที่ยงเท่ากับ .94 และ .97 ตามลำดับ

ตาราง 4.8 ค่าความเที่ยงทั้งชุดของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาท (N=120)

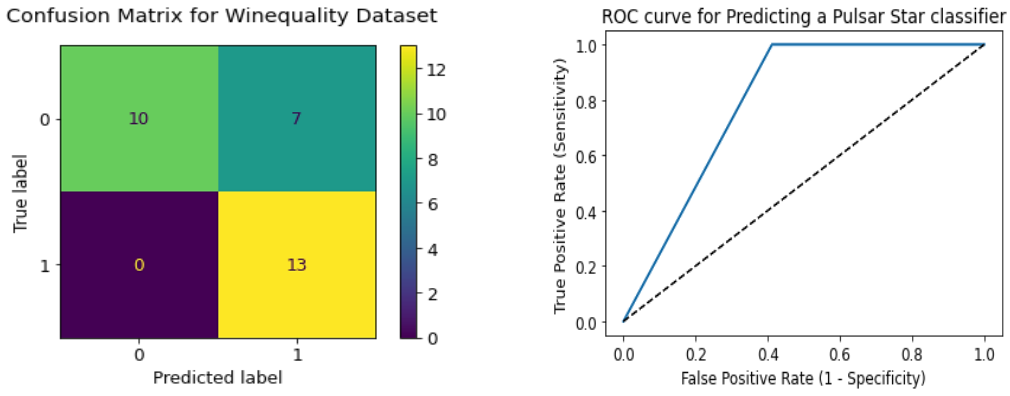
กิจกรรมทดสอบ	จำนวนสิ่งเร้า	ค่าความเที่ยงทั้งชุด	การตีความ
กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น	72	.93	สูงมาก
กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน	63	.94	สูงมาก
กิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท	60	.97	สูงมาก

4.6 การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุด้วยขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเรื่องด้วยพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

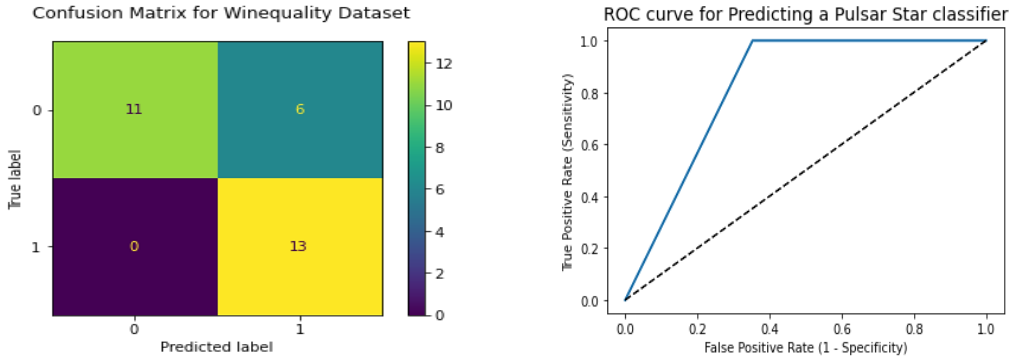
การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ด้วยขั้นตอนวิธี 4 ประเภทด้วยพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมจำนวน 18 ตัวดังรายละเอียดในตาราง **4.2 4.3** และ **4.4** พบว่า พบว่าขั้นตอนวิธีแบบ Neural network มีความแม่นยำในการจำแนกมากที่สุด คือ 90% โดยมีค่าความไวเท่ากับ 1.00 ความจำเพาะเท่ากับ .82 และพื้นที่ใต้เส้นโค้งเท่ากับ .91 รองลงมาได้แก่ขั้นตอนวิธีแบบ LSVM วิธีแบบ Random forest และ K-nearest neighbors ตามลำดับ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.9** และ **แผนภาพ 4.1**

ตาราง 4.9 ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท

ขั้นตอนวิธี (Algorithm)	ความแม่นยำในการจำแนก (Accuracy)	ความไว (Sensitivity)	ความจำเพาะ (Specificity)	พื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC)
Random forest	76.67%	1.00	.59	.79
Linear support vector classification	80.00%	1.00	.65	.82
K-nearest neighbors	76.67%	.77	.76	.77
Neural network	**90.00%**	**1.00**	**.82**	**.91**

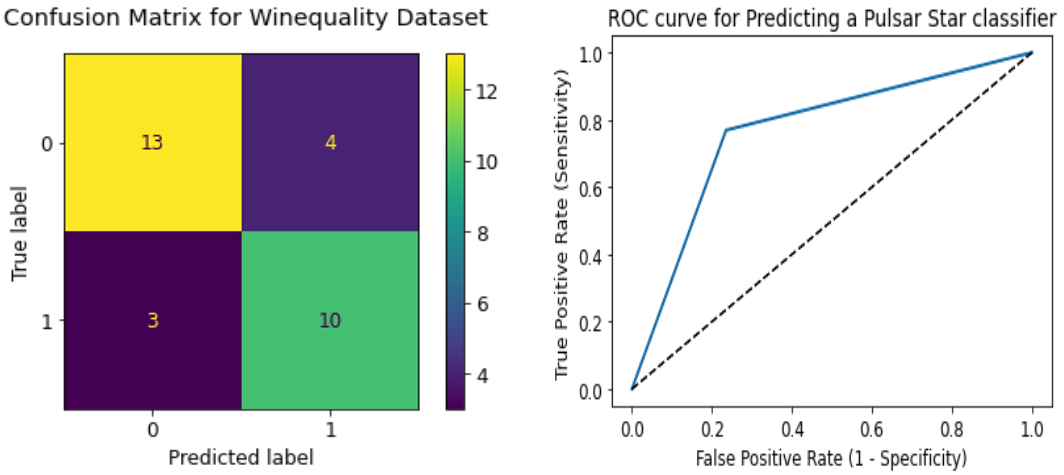


Random forest

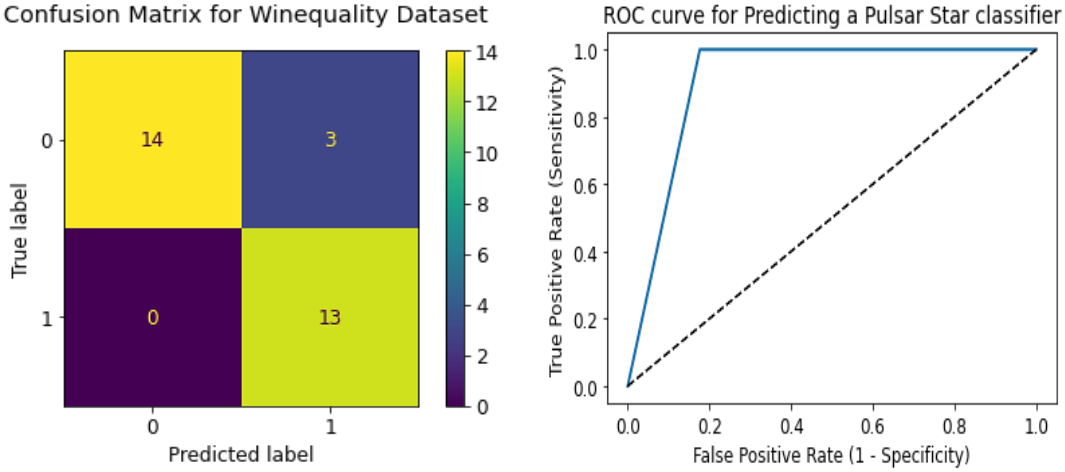


Linear Support Vector Classification

แผนภาพ 4.1 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม



K-nearest neighbors



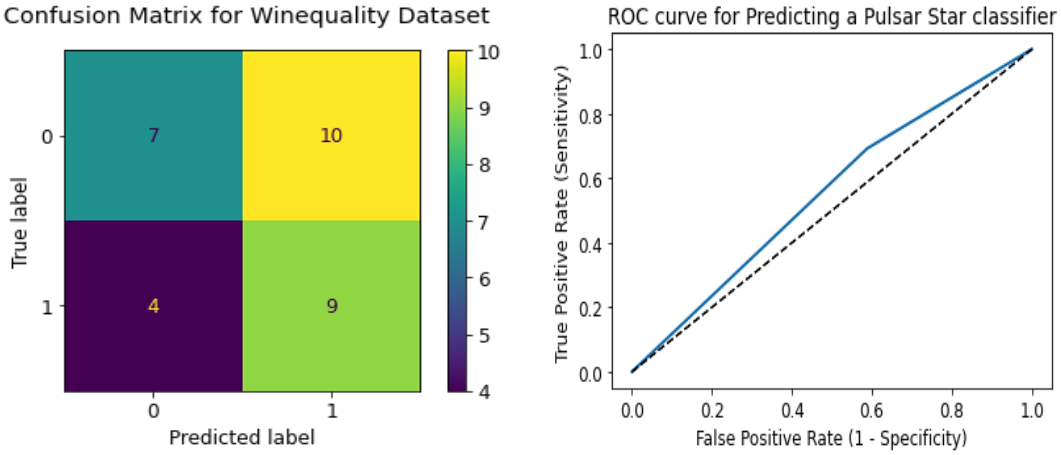
Neural network

แผนภาพ 4.1 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม (ต่อ)

การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ด้วยขั้นตอนวิธี 4 ประเภทด้วยค่าพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทจำนวน 16 ตัวดังรายละเอียดในตาราง **4.5** พบว่า พบว่าขั้นตอนวิธีแบบ K-nearest neighbors มีความแม่นยำในการจำแนกสูงที่สุด คือ 76.67% ค่าความไว เท่ากับ .85 และความจำเพาะ เท่ากับ .71 โดยมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ .78 ซึ่งเมื่อเทียบกับขั้นตอนวิธีแบบอื่นๆ พบว่า Neural network มีความแม่นยำในการจำแนกรองลงมา ตามมาด้วยขั้นตอนวิธี Random forest และ LSVM ตามลำดับ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.9** และ **แผนภาพ 4.2**

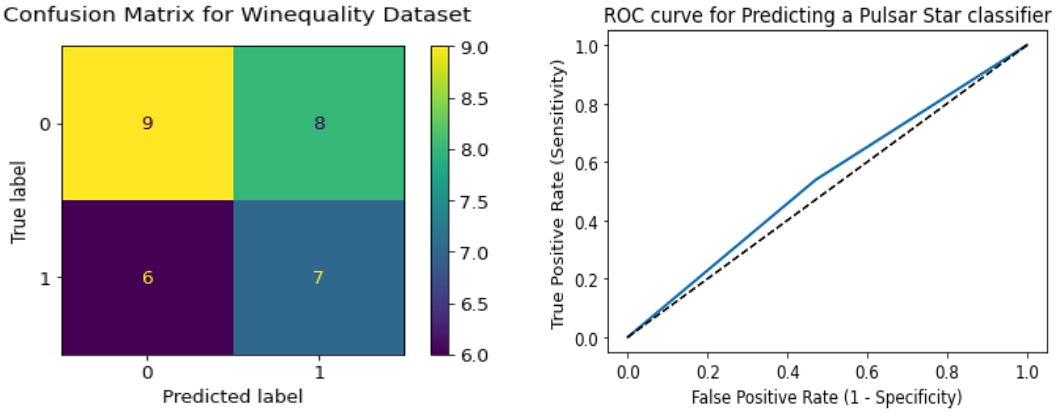
ตาราง 4.10 ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท

ขั้นตอนวิธี (Algorithm)	ความแม่นยำในการจำแนก (Accuracy)	ความไว (Sensitivity)	ความจำเพาะ (Specificity)	พื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC)
Random forest	53.33%	.69	.41	.55
Linear support vector classification	53.33%	.54	.53	.53
K-nearest neighbors	**76.67%**	**.85**	**.71**	**.78**
Neural network	60.00%	.69	.53	.61

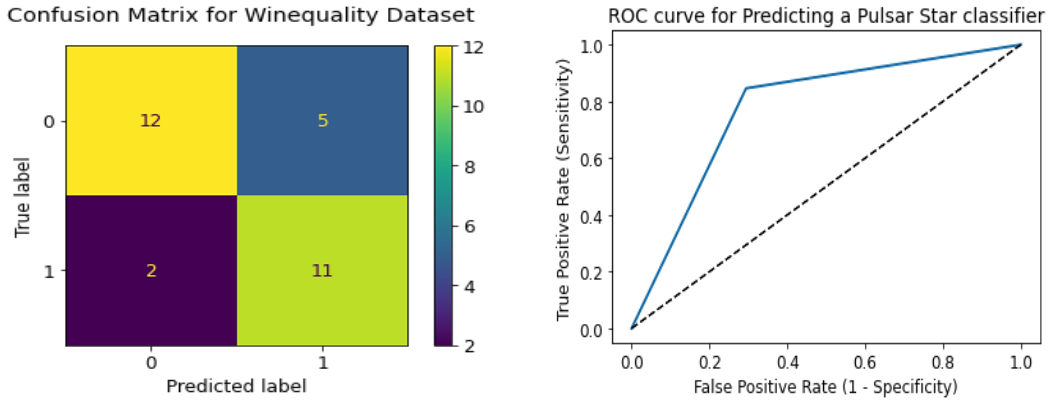


Random forest

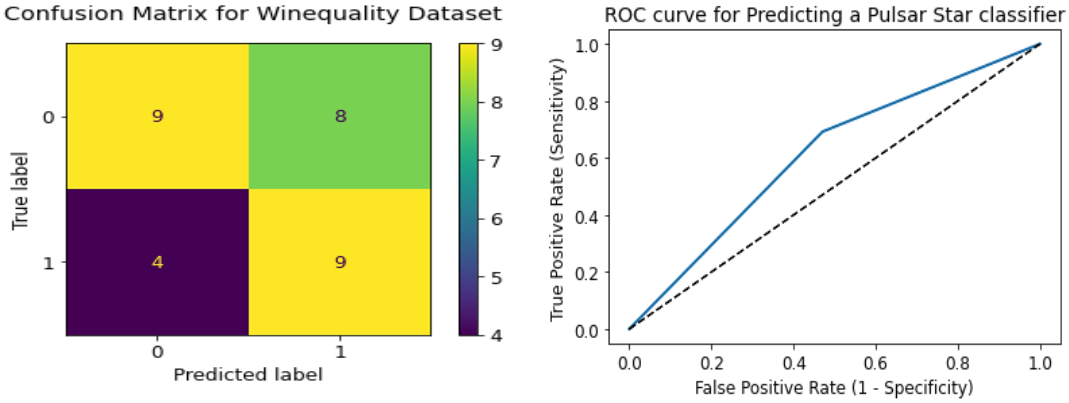
แผนภาพ 4.2 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท



Linear Support Vector Classification



K-nearest neighbors



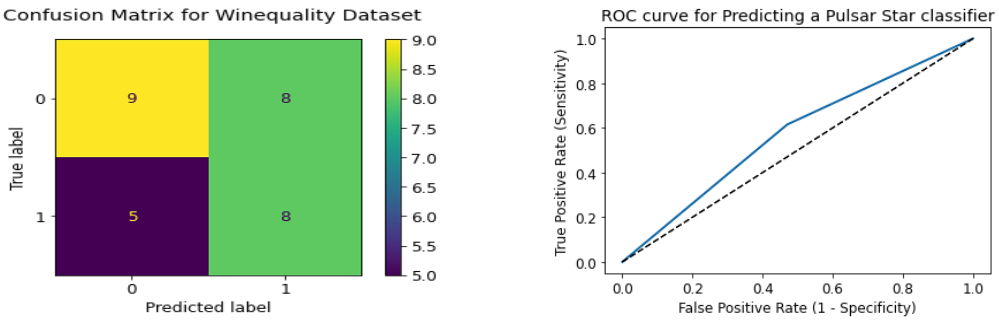
Neural network

แผนภาพ 4.2 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (ต่อ)

การจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ด้วยขั้นตอนวิธี 4 ประเภทด้วยค่าพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทจำนวน 36 ตัวดังรายละเอียดในตาราง **4.6** และ **4.7** พบว่า พบว่าขั้นตอนวิธีแบบ Random forest และ Neural network มีความแม่นยำในการจำแนกสูงกว่าขั้นตอนวิธีอื่นๆ คือ เท่ากับ 56.67% ค่าความไว เท่ากับ .62 และความจำเพาะ เท่ากับ .53 โดยมีพื้นที่ใต้โค้งเท่ากับ .57 แต่อย่างไรก็ตามถือว่าความแม่นยำที่วิเคราะห์ได้อยู่ในระดับต่ำ รายละเอียดดัง**ตาราง 4.11** และ **แผนภาพ 4.3**

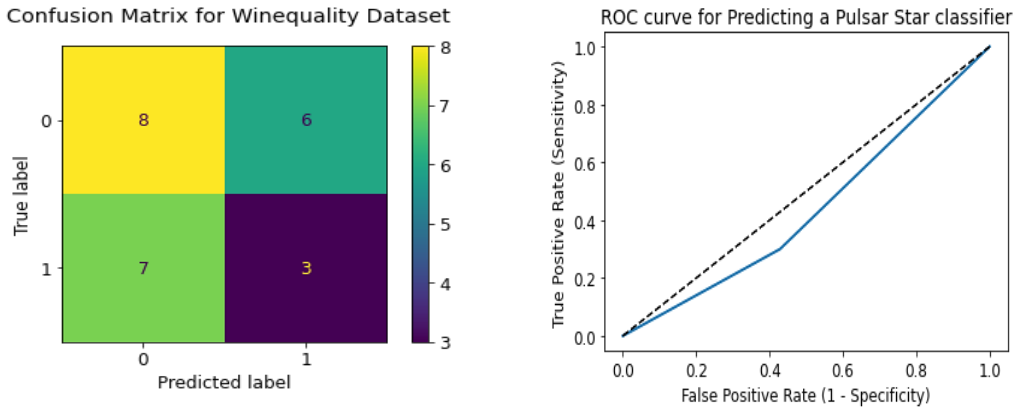
ตาราง 4.11 ผลการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (n=60) ออกจากกลุ่มเสี่ยง MCI (n=60) ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่องโดยใช้ค่าพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท

ขั้นตอนวิธี (Algorithm)	ความแม่นยำในการจำแนก (Accuracy)	ความไว (Sensitivity)	ความจำเพาะ (Specificity)	พื้นที่ใต้เส้นโค้ง (AUC)
Random forest	**56.67%**	**.62**	**.53**	**.57**
Linear support vector classification	45.83%	.30	.57	.44
K-nearest neighbors	53.33%	.54	.53	.53
Neural network	**56.67%**	**.62**	**.53**	**.57**

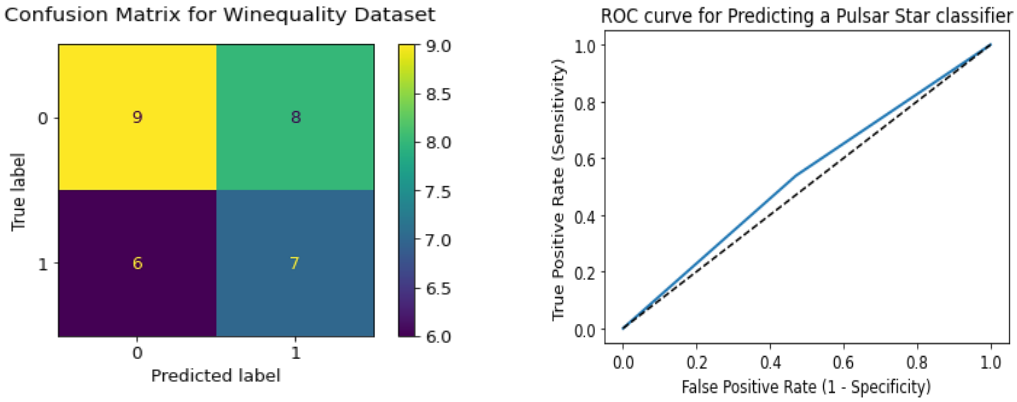


Random forest

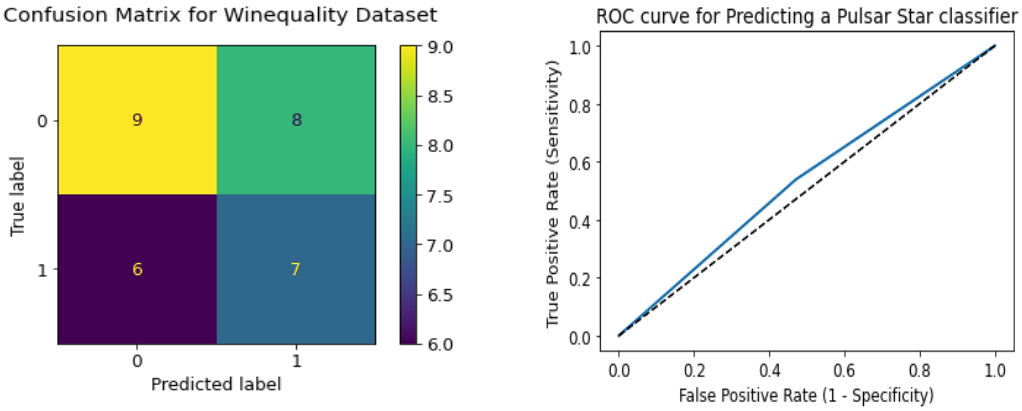
แผนภาพ 4.3 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท



Linear Support Vector Classification



K-nearest neighbors



Neural network

แผนภาพ 4.3 Confusion matrix และ ROC curve ของกลวิธีประเภทต่างๆ สำหรับจำแนกผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จากพารามิเตอร์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท (ต่อ)

บทที่ 5

การออกแบบโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุ

การพัฒนาโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกสำหรับผู้สูงอายุ มีขั้นตอนในการพัฒนา 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) วิเคราะห์ความต้องการของโปรแกรม ฯ 2) ออกแบบโปรแกรม ฯ 3) เขียนโปรแกรมฯ และ 4) ทดสอบโปรแกรม ฯ มีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 วิเคราะห์ความต้องการของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความต้องการด้านเทคโนโลยีและเครื่องมือที่จำเป็น เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้ที่จำเป็น (Technologies) เป็นเทคโนโลยีและเครื่องมือที่ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาระบบ ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1) การพัฒนาโปรแกรม ได้แก่ Microsoft Visual Studio Community 2019

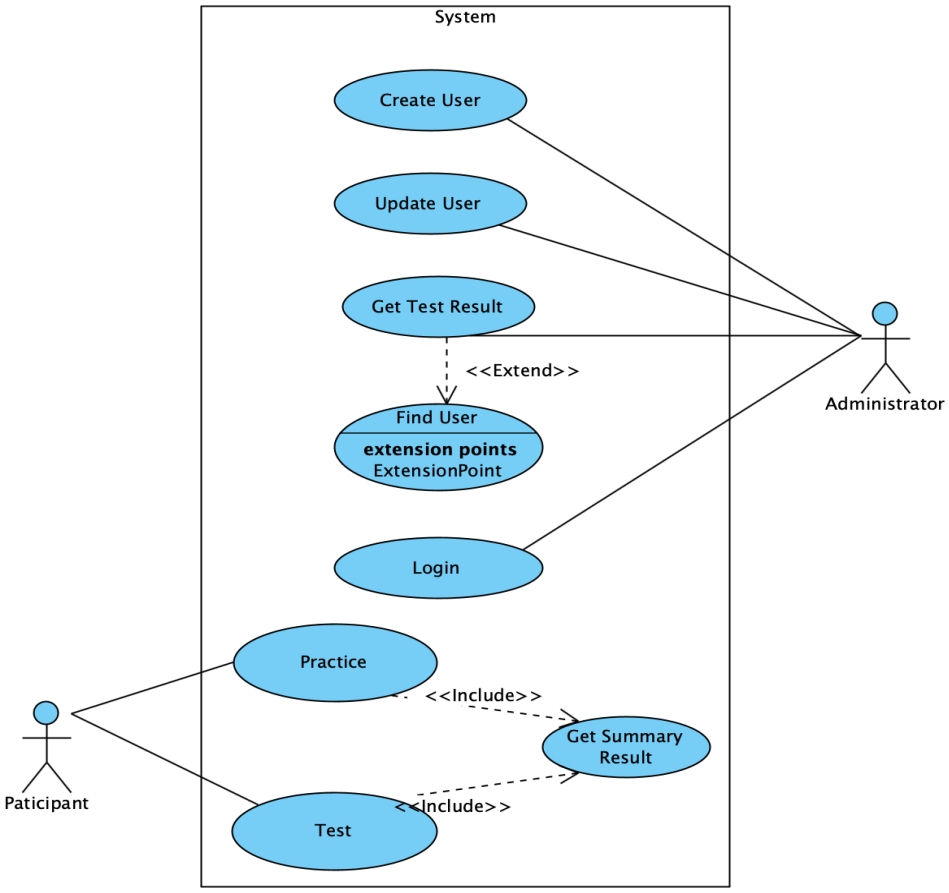
2) การออกแบบระบบ ได้แก่ Visual Paradigm, Adobe Illustrator CS

3) การออกแบบภาษา (Design languages) ได้มีการเลือกภาษา C# มาใช้ในการเขียนโปรแกรม ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์สำหรับเขียนโปรแกรมเชิงวัตถุ (OOP: Object-Oriented Programming) โปรแกรมที่เขียนขึ้นถูกสร้างภายในคลาส ดังนั้นคลาสคือที่เก็บเมธอด (Method) หรือพฤติกรรม (Behavior) ซึ่งมีสถานะ (State) และรูปพรรณ (Identity) ประจำพฤติกรรม (Behavior)

1.2 วิเคราะห์ความต้องการโดยใช้แผนภาพยูสเคส (Use case Diagram) แผนภาพยูสเคสโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ แบ่งเป็น 2 ผู้ใช้งาน คือ ผู้รับการทดสอบและผู้ดูแลระบบ มีรายละเอียดดังนี้

1) ผู้รับการทดสอบ ประกอบไปด้วย 2 ยูสเคสได้แก่ 1.1) กิจกรรมฝึกซ้อมการใช้โปรแกรมและทดลองทดสอบ (Practice) 1.2) กิจกรรมทดสอบ (Test)

2) ผู้ดูแลระบบ ประกอบไปด้วย 4 ยูสเคส ได้แก่ 2.1) เพิ่มผู้รับการทดสอบ (Create examinee profile) ข้อมูลประกอบไปด้วยรหัสผู้รับการทดสอบ ชื่อ นามสกุล เพศ อายุ 2.2) ปรับปรุงข้อมูลผู้รับการทดสอบ (Update examinee profile) 2.3) ค้นหาผู้รับการทดสอบ (Search examinee profile) โดยค้นหาจากชื่อหรือนามสกุลของผู้รับการทดสอบ 2.4) แสดงรายการผลการทดสอบรายบุคคล (Get test results) ข้อมูลผลการทดสอบประกอบไปด้วย วันเวลาที่รับการทดสอบ ชื่อนามสกุลผู้รับการทดสอบ เวลาการตอบสนองเฉลี่ยและความแม่ยำในการตอบ โดยแสดงเป็นแผนภาพยูสเคสดัง**แผนภาพ 5.1** แผนภาพยูสเคสโปรแกรมคอมพิวเตอร์



แผนภาพ 5.1 แผนภาพยูสเคสโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โดยมีรายละเอียดของแต่ละยูสเคสดังนี้

Use case ID **UC1**

Use case Name	Create User
Actor	Administrator
Purpose	เพิ่มผู้รับการทดสอบ
Pre-Condition	เข้าใช้งานระบบ
Post-Condition	บันทึกผู้รับการทดสอบ
Main Flow	1) กดปุ่มเพิ่มผู้รับการทดสอบ 2) กรอกข้อมูลผู้รับการทดสอบ ประกอบไปด้วย เพศ ชื่อ สกุล วันเดือนปีเกิด 3) ยืนยันการบันทึกข้อมูล 4) กดปุ่มบันทึกข้อมูล
Alternate Condition	ตรวจสอบข้อมูลผู้รับการทดสอบที่มีอยู่แล้วในระบบ

Use case ID **UC2**

Use case Name	Update User
Actor	Administrator
Purpose	ปรับปรุงข้อมูลผู้รับการทดสอบ
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ ค้นหา/เลือกผู้รับการทดสอบที่ต้องการปรับปรุงข้อมูล
Post-Condition	
Main Flow	1) กดปุ่มเลือกผู้รับการทดสอบ

	2) เลือกกรอกข้อมูลผู้รับการทดสอบที่ต้องการปรับปรุง ได้แก่ เพศ ชื่อ สกุล วันเดือนปีเกิด 3) ยืนยันการปรับปรุงข้อมูล 4) กดปุ่มบันทึกข้อมูล
Alternate Condition	

Use case ID **UC3**

Use case Name	Get Test Result
Actor	Administrator
Purpose	แสดงรายการผลการทดสอบรายบุคคล
Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ ค้นหาผู้รับการทดสอบ
Post-Condition	
Main Flow	1) ค้นหาผู้รับการทดสอบ 2) เลือกผู้รับการทดสอบ 3) แสดงผลรายการประวัติการทดสอบ
Alternate Condition	

Use case ID **UC4**

Use case Name	ค้นหาผู้รับการทดสอบ
Actor	Administrator
Purpose	ค้นหารายการผู้รับการทดสอบ

Pre-Condition	เข้าสู่ระบบ
Post-Condition	
Main Flow	1) เลือกค้นหาผู้รับการทดสอบ 2) กรอกชื่อหรือนามสกุลผู้รับการทดสอบ 3) แสดงรายชื่อที่ค้นหาพบในตาราง
Alternate Condition	

Use case ID **UC5**

Use case Name	Login
Actor	Administrator
Purpose	เข้าใช้งานระบบ
Pre-Condition	
Post-Condition	
Main Flow	1) ระบุ Username และ Password 2) โปรแกรมตรวจสอบชื่อผู้ใช้และรหัสผ่านในฐานข้อมูลผู้ใช้ 3) เข้าใช้โปรแกรมกรณีพบผู้ใช้งานในฐานข้อมูลผู้ใช้
Alternate Condition	

Use case ID **UC6**

Use case Name	Practice

Actor	Participant
Purpose	ฝึกซ้อมการใช้โปรแกรมทดสอบ
Pre-Condition	กรอกรหัสผู้รับการทดสอบ ที่ได้รับจากผู้ดูแลระบบ
Post-Condition	
Main Flow	1) กรอกรหัสผู้รับการทดสอบ 2) แสดงหน้าต่างการทดสอบ 3) ผู้รับการทดสอบกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ให้ตรงกับหน้าต่างการทดสอบ 4) แสดงผลการตอบในกรณีที่ตอบไม่ถูก หรือแสดงหน้าต่างในการทดสอบถัดไปในข้อที่ 2) 5) เมื่อครบหน้าต่างการทดสอบแล้วสรุปผลการฝึกซ้อม (UC8)
Alternate Condition	

Use case ID **UC7**

Use case Name	Test
Actor	Participant
Purpose	รับการทดสอบ
Pre-Condition	กรอกรหัสผู้รับการทดสอบ ที่ได้รับจากผู้ดูแลระบบ
Post-Condition	
Main Flow	1) กรอกรหัสผู้รับการทดสอบ 2) แสดงหน้าต่างการทดสอบ 3) ผู้รับการทดสอบกดปุ่มบนแป้นพิมพ์ให้ตรงกับหน้าต่างการทดสอบ

	4) แสดงผลการตอบในกรณีที่ตอบไม่ถูก หรือแสดงหน้าต่างในการทดสอบถัดไปในข้อที่ 2) 5) เมื่อครบหน้าต่างการทดสอบแล้วสรุปผลการทดสอบ (UC8) และบันทึกไปยังฐานข้อมูลการทดสอบ
Alternate Condition	

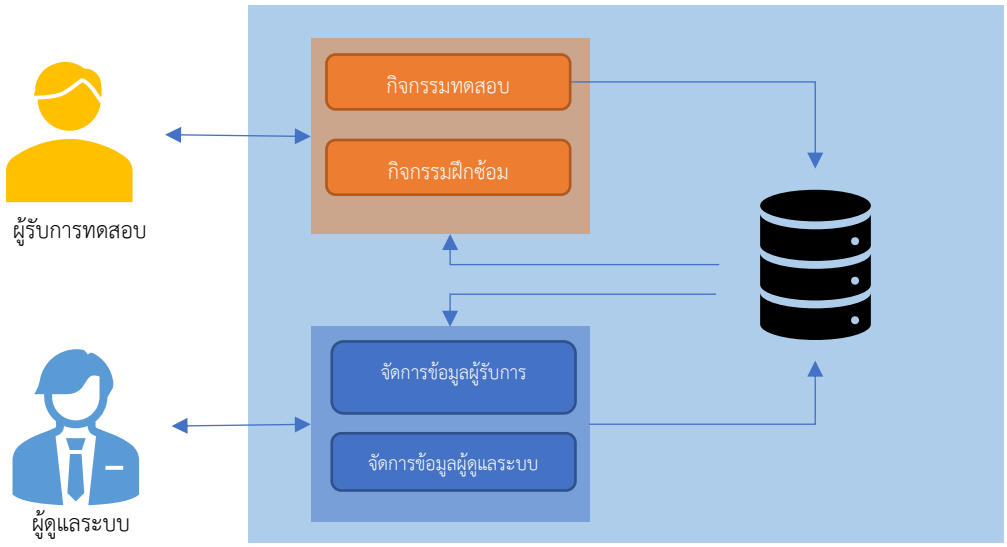
Use case ID **UC8**

Use case Name	Get summary result
Actor	Participant
Purpose	แสดงผลสรุปการทดสอบ
Pre-Condition	ภายหลังการทดสอบ หรือการฝึกซ้อม
Post-Condition	
Main Flow	แสดงหน้าต่างที่ประกอบไปด้วย คะแนนทดสอบ ความเร็วในการตอบ และความแม่นยำในการตอบ
Alternate Condition	

ขั้นที่ 2 ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ ได้แก่ 2.1) แผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ (System architecture) 2.2) แผนภาพจำลองความสัมพันธ์เอนทิตี (Entity-relationship Diagram) 2.3) ผังการทำงานของโปรแกรม (Flow chart) และ 2.4) ส่วนประสานกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1) ผลการแผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ

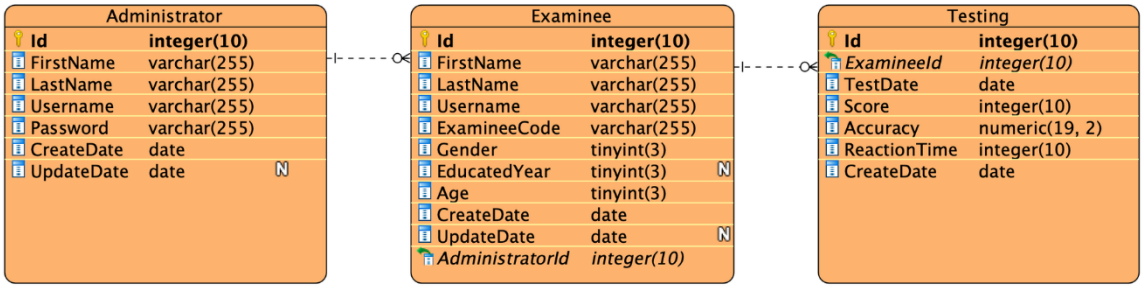
โปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกสำหรับผู้สูงอายุ ประกอบไปด้วย 2 โมดูลย่อย ได้แก่ 1) กิจกรรมทดสอบและฝึกซ้อม สำหรับผู้รับการทดสอบ 2) การจัดการข้อมูลผู้รับการทดสอบและข้อมูลผู้ดูแลระบบ โดยจะมีการจัดเก็บข้อมูลการทดสอบและการฝึกซ้อมลงในฐานข้อมูล ซึ่งผู้ดูแลระบบ (Administrator) สามารถเข้าถึงเพื่อเรียกดูและจัดการข้อมูลดังกล่าวได้ นอกจากนี้ผู้ดูแลระบบสามารถเพิ่มและปรับปรุงข้อมูลผู้ใช้งานหรือผู้รับการทดสอบได้ โดยข้อมูลของทั้ง 2 โมดูดย่อยจะถูกจัดเก็บในฐานข้อมูลของโปรแกรม โดยแสดงดัง**แผนภาพ 5.2** แสดงสถาปัตยกรรมของโปรแกรมฯ



แผนภาพ 5.2 แสดงสถาปัตยกรรมของโปรแกรมฯ

2.2) ผลการออกแบบความสัมพันธ์ของตาราง

การออกแบบความสัมพันธ์ของตารางสำหรับจัดเก็บข้อมูลในโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ ประกอบไปด้วย 3 ตาราง คือ 1) ตารางผู้จัดการข้อมูลระบบ ผู้รับการทดสอบ (Administrator) 2) ตารางข้อมูลผู้รับการทดสอบ (Examinee) 3) ตารางข้อมูลการทดสอบ โดยแสดงเป็นแผนภาพความสัมพันธ์ของ **ตาราง 5.1** และ**แผนภาพ 5.3** แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของตาราง



แผนภาพ 5.3 แสดงแผนภาพความสัมพันธ์ของตาราง

โดยมีรายละเอียดของ Data Dictionary ดัง**ตาราง 5.1 5.2 5.3** และ **5.4**

ตาราง 5.1 ผู้รับการทดสอบ (Participants)

Column name	Column description	Data type	Length	Primary key	Null
Age	อายุของผู้รับการทดสอบ	integer	0	false	false
EducatedYear	จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา	integer	10	false	false
CreateDate	วันที่เพิ่มข้อมูลผู้รับการทดสอบ	date	0	false	false
CreatedByUsersId	นำเข้าข้อมูลโดยผู้ใช้/ผู้ดูแลระบบ	integer	10	false	false
FirstName	ชื่อผู้รับการทดสอบ	varchar	255	false	false
Gender	เพศผู้รับการทดสอบ	bit	0	false	false
Id	รหัสคีย์หลัก	integer	10	true	false
LastName	นามสกุลผู้รับการทดสอบ	varchar	255	false	false

ตาราง 5.1 ผู้รับการทดสอบ (Participants) (ต่อ)

Column name	Column description	Data type	Length	Primary key	Null
UpdateDate	วันที่ปรับปรุงข้อมูลผู้รับการทดสอบ	date	0	false	true
UserCode	รหัสผู้รับการทดสอบ	integer	10	false	false

ตาราง 5.2 การทดสอบ (Testing)

Column name	Column description	Data type	Length	Primary key	Null
Accuracy	ความแม่นยำ	numeric	19.2	false	false
Id	รหัสคีย์หลัก	integer	10	true	false
ReactionTime	ระยะเวลาการตอบสนอง	integer	10	false	false
Score	คะแนน	integer	10	false	false
TestDate	วันที่ทดสอบ	date	0	false	false
UsersId	รหัสผู้รับการทดสอบ	integer	10	false	false
Accuracy	ความแม่นยำ	numeric	19.2	false	false
Id	รหัสคีย์หลัก	integer	10	true	false
ReactionTime	ระยะเวลาการตอบสนอง	integer	10	false	false
Score	คะแนน	integer	10	false	false

ตาราง 5.3 ผู้ใช้งานระบบ (Users)

Column name	Column description	Data type	Length	Primary key	Null
CreateDate	วันที่สร้างผู้ใช้	date	0	false	false
FirstName	ชื่อ	integer	10	false	false
Id	รหัสคีย์หลัก	integer	10	true	false
LastName	นามสกุล	integer	10	false	false
UpdateDate	วันที่ปรับปรุงข้อมูลผู้ใช้	date	0	false	true
UserTypesId	รหัสประเภทผู้ใช้	integer	10	false	false

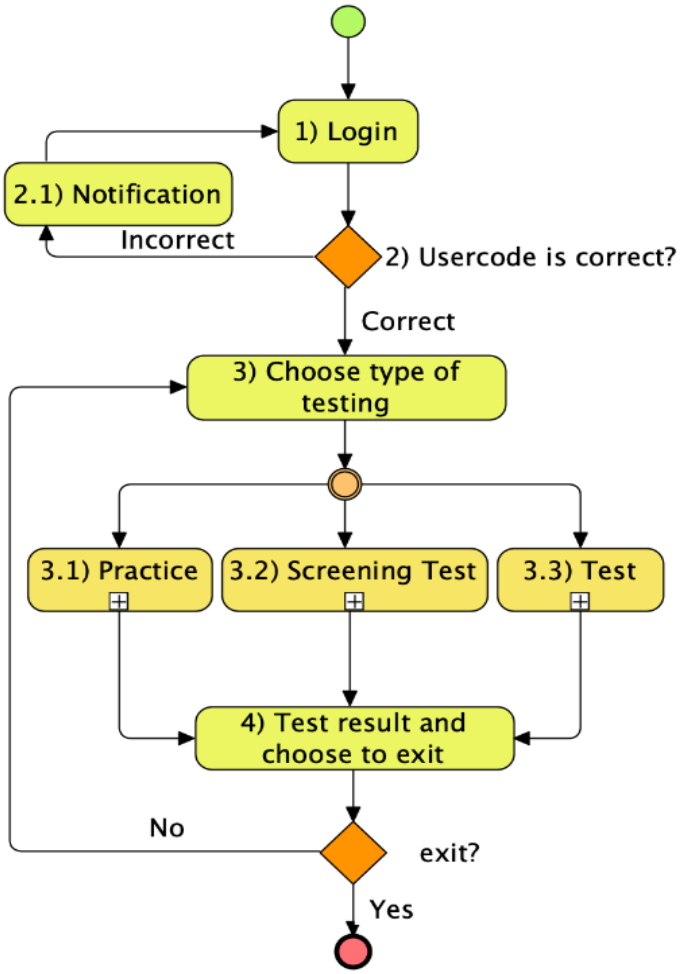
ตาราง 5.4 ประเภทผู้ใช้งานระบบ (UserTypes)

Column name	Column description	Data type	Length	Primary key	Null
CreateDate	วันที่สร้างผู้ใช้	date	0	false	false
Id	รหัสคีย์หลัก	integer	10	true	false
PermissionType	สิทธิ์การจัดการข้อมูล	tinyint	3	false	true
UpdateDate	วันที่ปรับปรุงข้อมูลผู้ใช้	date	0	false	true
UserTypeName	ประเภทผู้ดูแลระบบ	varchar	255	false	false

2.3) ออกแบบผังการทำงานของโปรแกรม

การออกแบบผังการทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ มีขั้นตอนดังนี้ 1) เข้าสู่ระบบ (Login) 2) ตรวจสอบข้อมูลการเข้าใช้งาน กรณีข้อมูลไม่ถูกต้อง แสดงผล 2.1) การแจ้งเตือนข้อมูลผู้ใช้งานไม่ถูกต้อง กรณีข้อมูลถูกต้องไปยัง 3) หน้าต่างเลือกประเภทกิจกรรมและดำเนินกิจกรรมมี 3 รูปแบบ คือ 3.1) กิจกรรมฝึก เป็นกิจกรรมที่

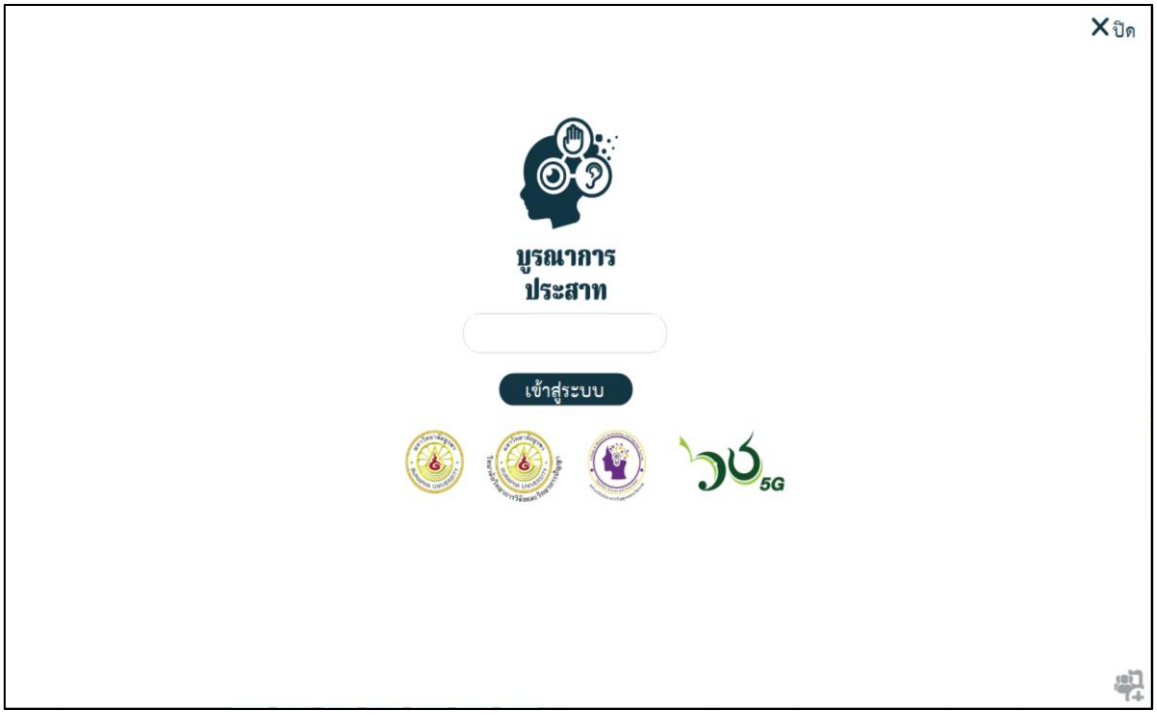
ประกอบไปด้วยการแนะนำวิธีการทดสอบ การใช้อุปกรณ์และทดลองการทดสอบอย่างง่ายโดยมีข้อทดลองจำนวน 20 ข้อ เป็นสิ่งเร้าที่ประกอบด้วย ภาพ เสียง และภาพพร้อมเสียง 3.2) กิจกรรมทดสอบ เป็นกิจกรรมที่ประกอบไปด้วยข้อทดสอบที่เป็นสิ่งเร้าจำนวน 3 กลุ่ม คือ สิ่งเร้าที่เป็นภาพจำนวน 40 ข้อสิ่งเร้าที่เป็นเสียง จำนวน 60 ข้อ และสิ่งเร้าภาพพร้อมเสียง จำนวน 40 ข้อ โดยสิ่งเร้าของกิจกรรมต่างๆ มี 2 ชนิดคือ ภาพและเสียง ภาพเป็นรูปวงกลมขนาดความสูงและกว้างเท่ากับ 150 pixels แสดงในตำแหน่งกึ่งกลางทางด้านซ้ายหรือด้านขวา ห่างจากขอบจอด้านขวา 50 pixels เป็นระยะเวลา 500 มิลลิวินาที และเสียงเป็นชนิดคลื่นไซน์ (Sine wave) ที่ความถี่เท่ากับ 250 เฮิรตซ์ ดังเป็นระยะเวลา 500 มิลลิวินาที เมื่อทำกิจกรรมเสร็จสิ้นจึงไปสู่ขั้นที่ 4) แสดงผลการทดสอบ โดยแสดงผลความเร็วในการตอบและความแม่นยำในการตอบ พร้อมทั้งแสดงปุ่มเลือกดำเนินการต่อหรือออกจากโปรแกรม แสดงเป็นผังการทำงานของโปรแกรมดัง**แผนภาพ 5.4** แสดงแผนภาพผังการทำงานของโปรแกรม



แผนภาพ 5.4 แสดงแผนภาพผังการทำงานของโปรแกรม

2.4) การออกแบบส่วนประสานกับผู้ใช้งานโปรแกรม

ส่วนประสานกับผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ ได้ออกแบบตามแนวคิดของจอร์นสันและฟินโดยคำนึงถึงขนาดของตัวอักษรที่ใหญ่กว่าปกติ รูปแบบตัวอักษร (Font families) ที่อ่านง่ายหลีกเลี่ยงฉากพื้นหลังที่มีรูปภาพซับซ้อนหรือทำให้อ่านตัวอักษรได้ยาก มีระยะห่างบรรทัดอย่างน้อย 1.5 จุด หลีกเลี่ยงการใช้วัตถุที่ไม่เกี่ยวข้องบนหน้าจอเพื่อลดการรบกวน ใช้ภาพในการสื่อความหมาย เลือกใช้สีที่สบายตาและหลีกเลี่ยงการใช้สีที่หลากหลาย การจัดการวัตถุในตำแหน่งจุดสนใจของสายตา ผลออกแบบส่วนประสานกับผู้ใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุเป็นดัง**แผนภาพ 5.5** จนถึง **5.32**



แผนภาพ 5.5 แสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบ



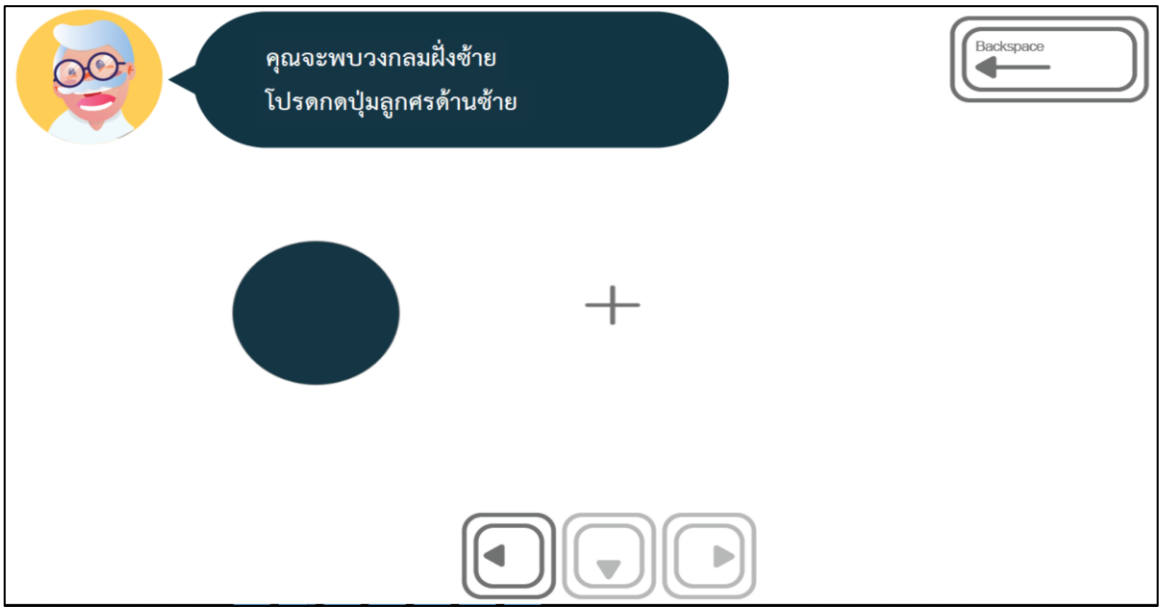
แผนภาพ 5.6 แสดงหน้าต่างแรกหลังเข้าสู่ระบบ



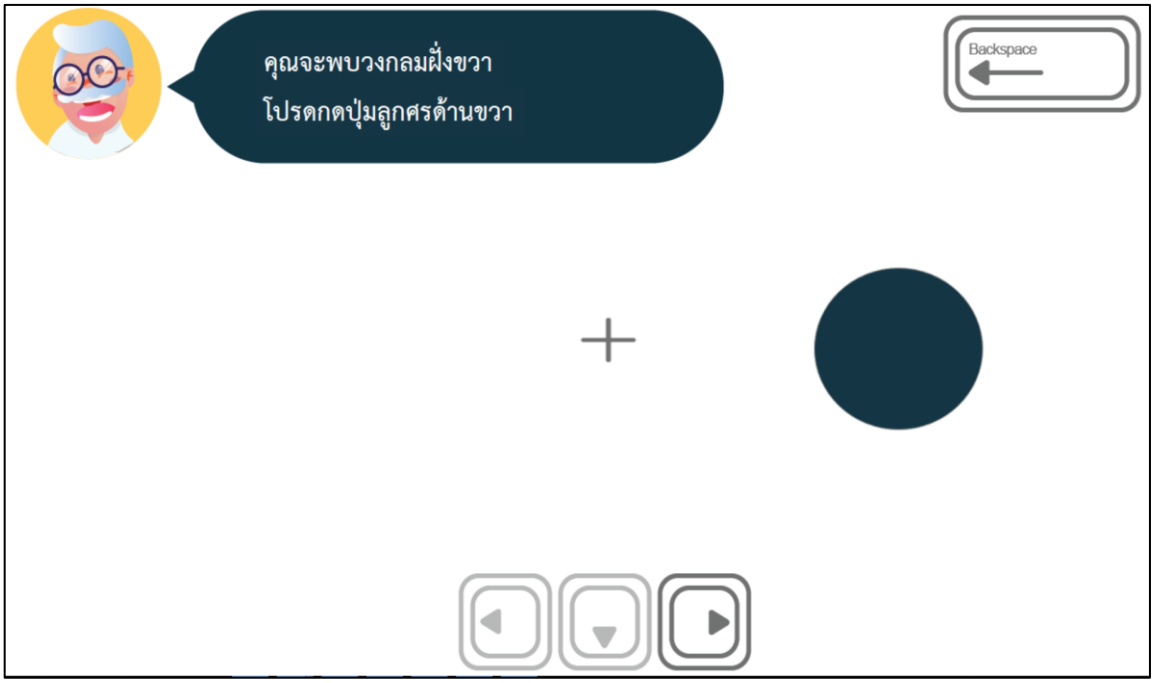
แผนภาพ 5.7 แสดงหน้าต่างเมื่อผู้ใช้เลือกฝึกซ้อม



แผนภาพ 5.8 แสดงหน้าต่างจุดรวมสายตา



แผนภาพ 5.9 แสดงหน้าต่างแสดงวงกลมฝั่งซ้าย



แผนภาพ 5.10 แสดงหน้าต่างแสดงวงกลมฝั่งขวา



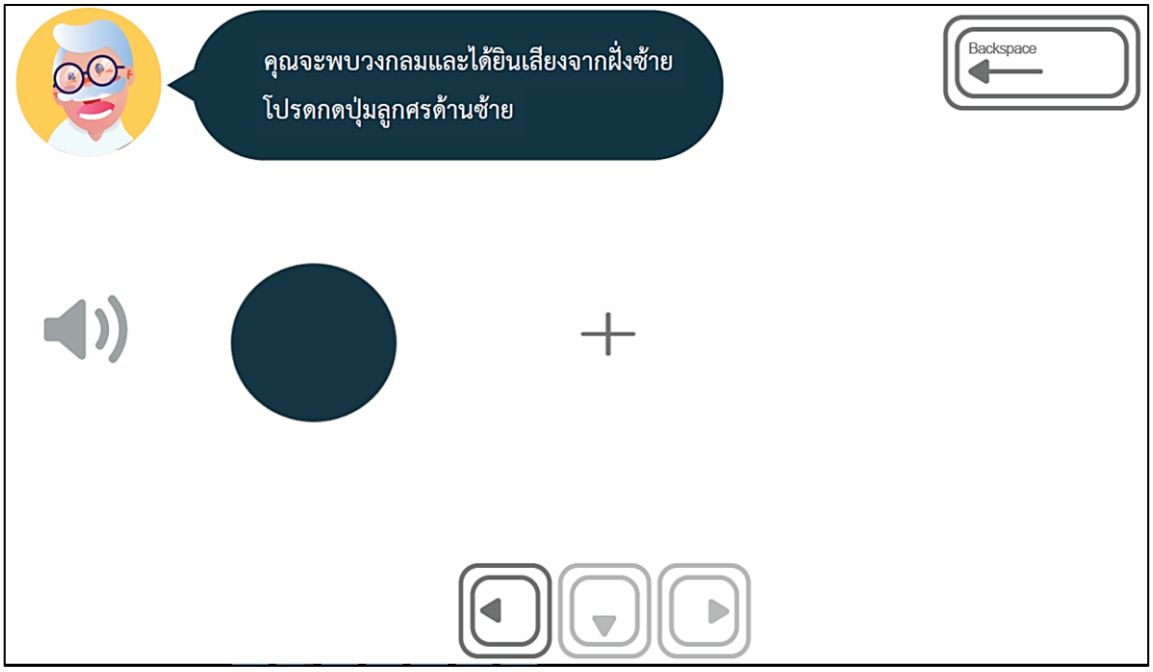
แผนภาพ 5.11 แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากฝั่งซ้าย



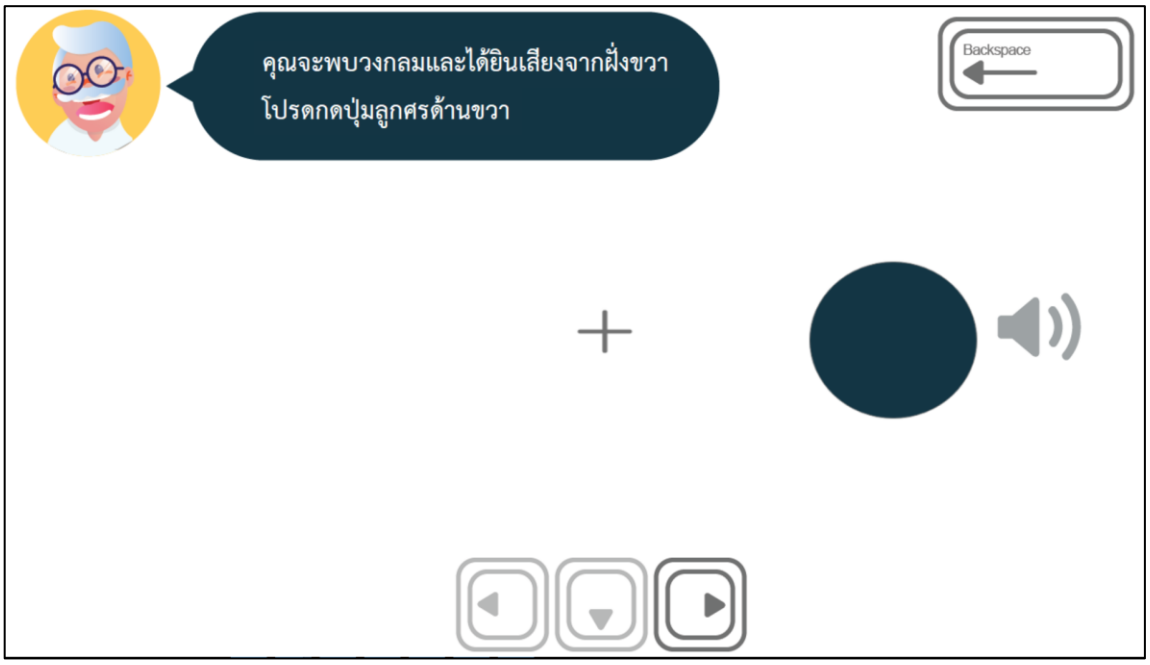
แผนภาพ 5.12 แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากฝั่งขวา



แผนภาพ 5.13 แสดงหน้าต่างเมื่อได้ยินเสียงจากทั้งสองฝั่ง



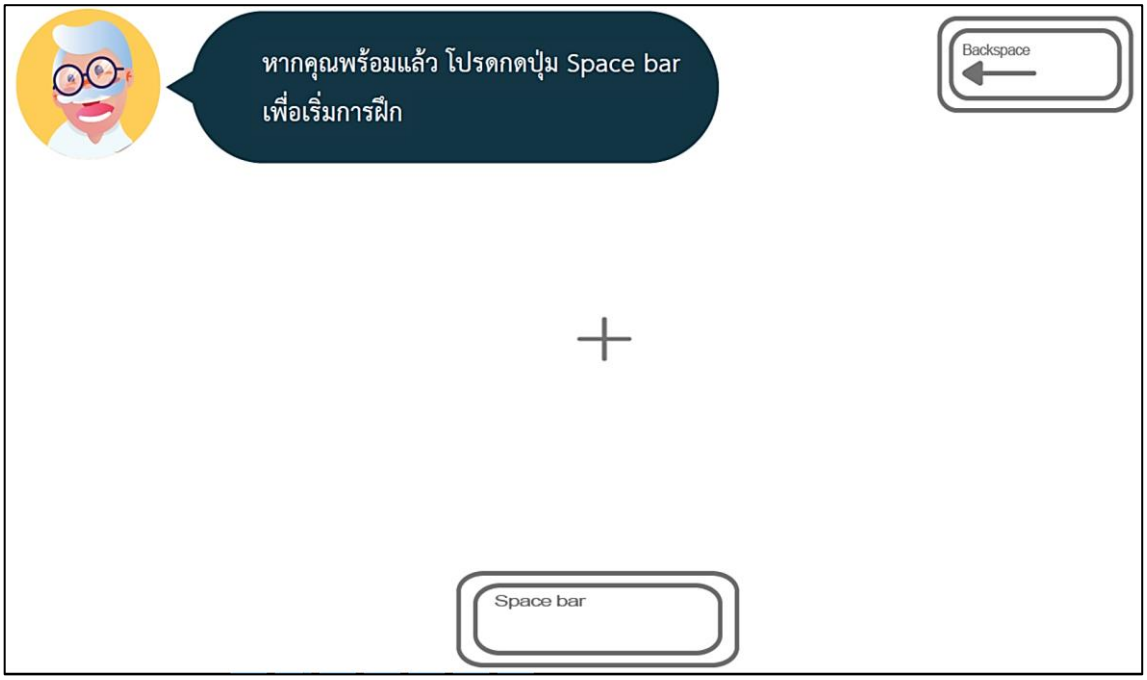
แผนภาพ 5.14 แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงจากฝั่งซ้าย



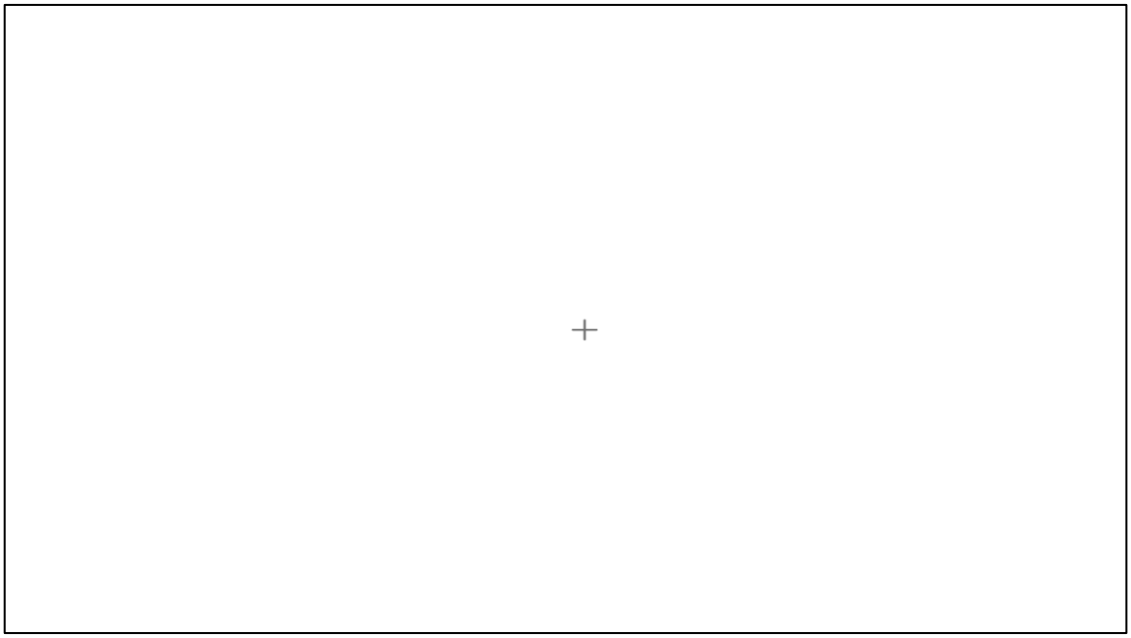
แผนภาพ 5.15 แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงจากฝั่งขวา



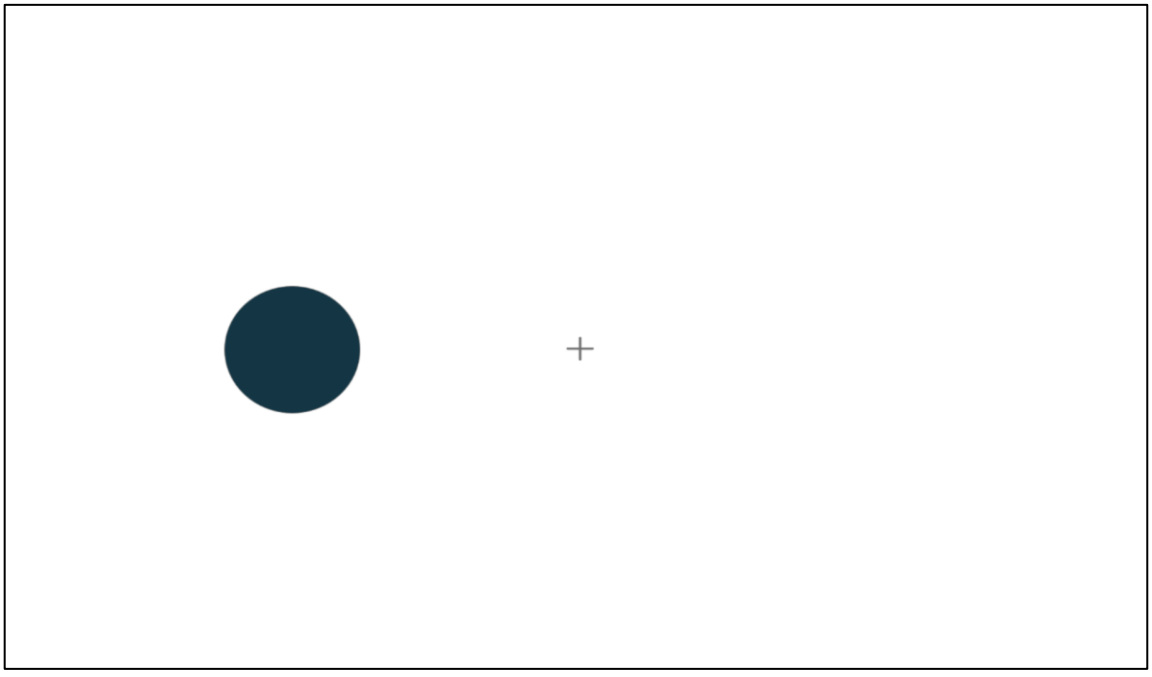
แผนภาพ 5.16 แสดงหน้าต่างเมื่อได้เห็นวงกลมและยินเสียงคนละฝั่งซ้าย



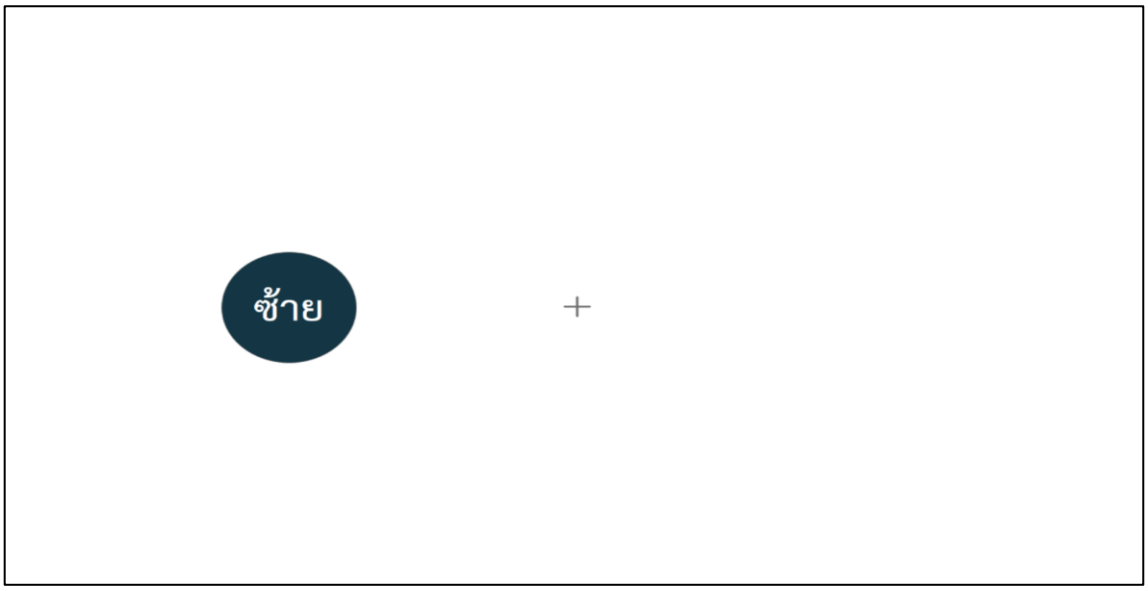
แผนภาพ 5.17 แสดงหน้าต่างยืนยันเริ่มฝึกซ้อม



แผนภาพ 5.18 แสดงหน้าทดสอบ จุดรวมสายตา



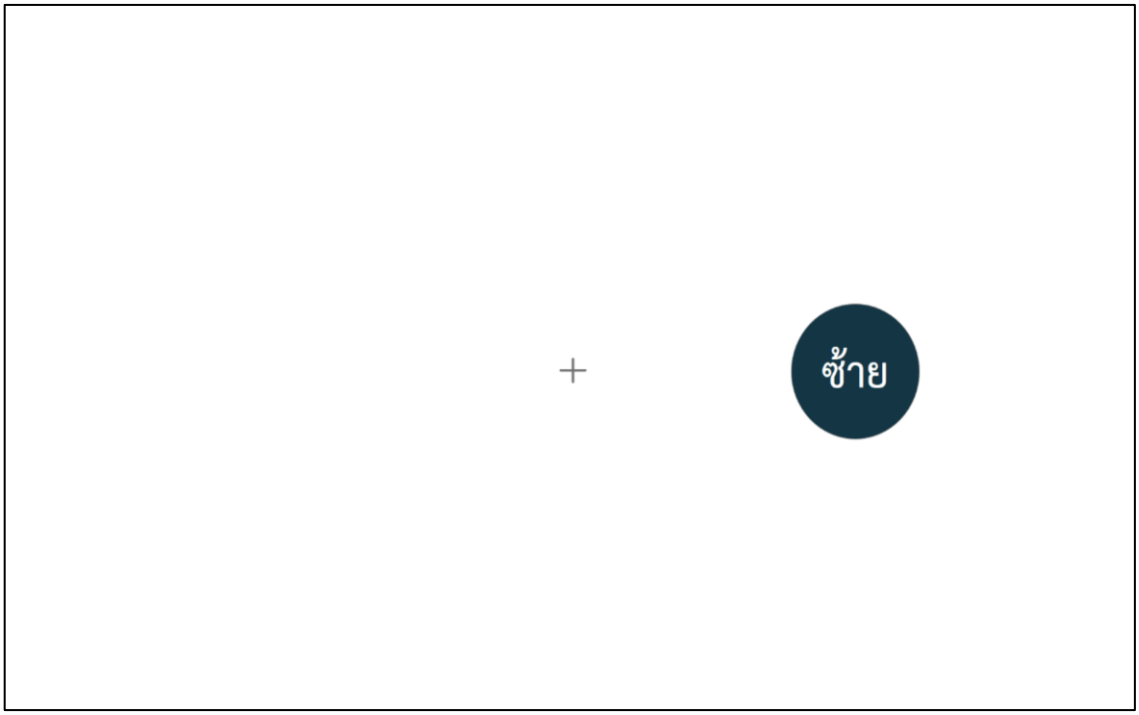
แผนภาพ 5.19 แสดงหน้าทดสอบ วงกลมปรากฏด้านซ้าย



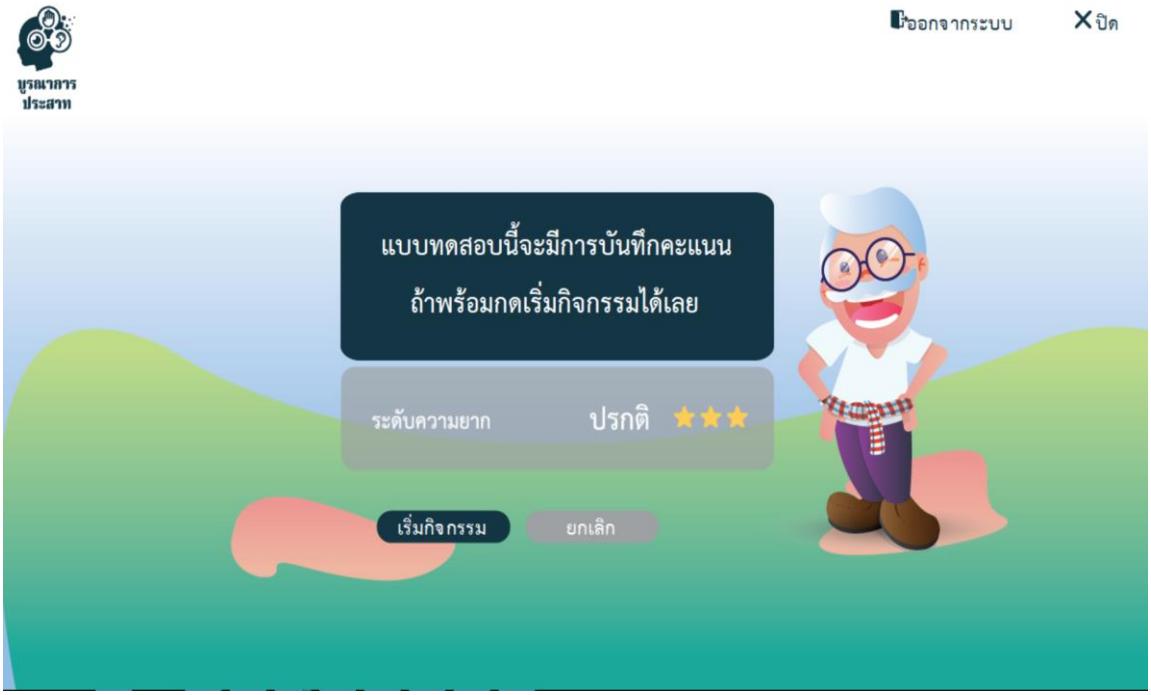
แผนภาพ 5.20 แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ซ้าย” ปรากฏด้านซ้าย



แผนภาพ 5.21 แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ขวา” ปรากฏด้านด้านขวา



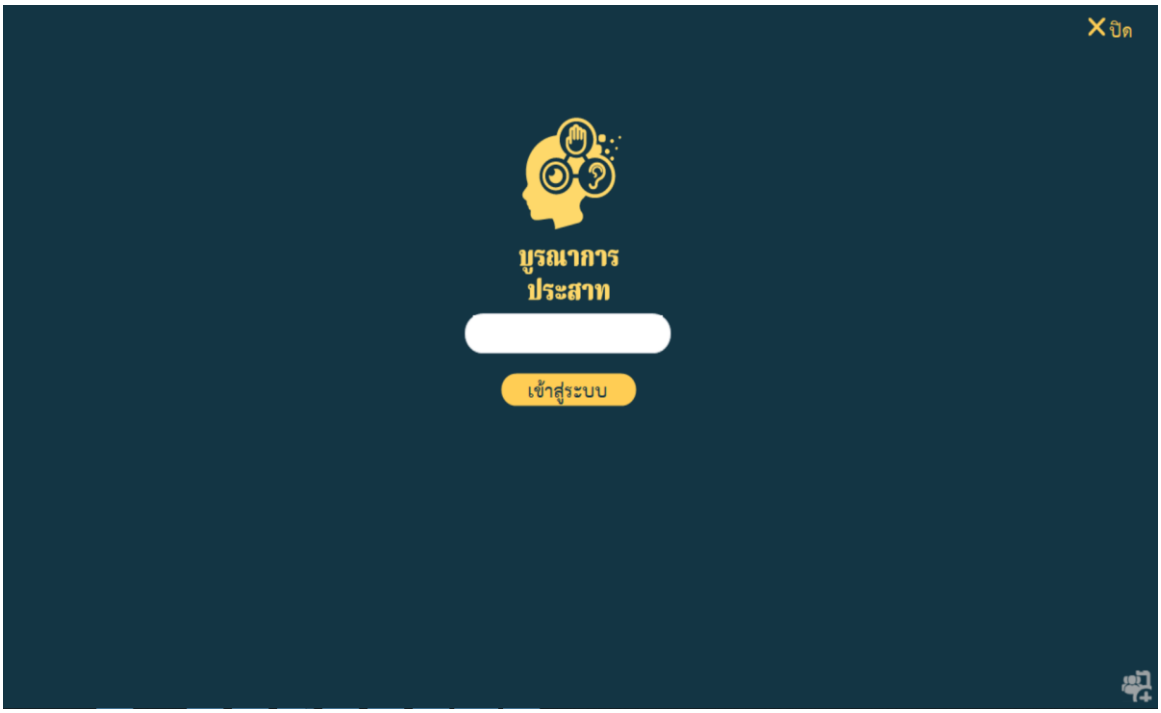
แผนภาพ 5.22 แสดงหน้าทดสอบ วงกลมพร้อมข้อความ “ซ้าย” ปรากฏด้านขวา



แผนภาพ 5.23 แสดงหน้าต่างอธิบายการบันทึกคะแนนเมื่อผู้ใช้เลือกทดสอบ



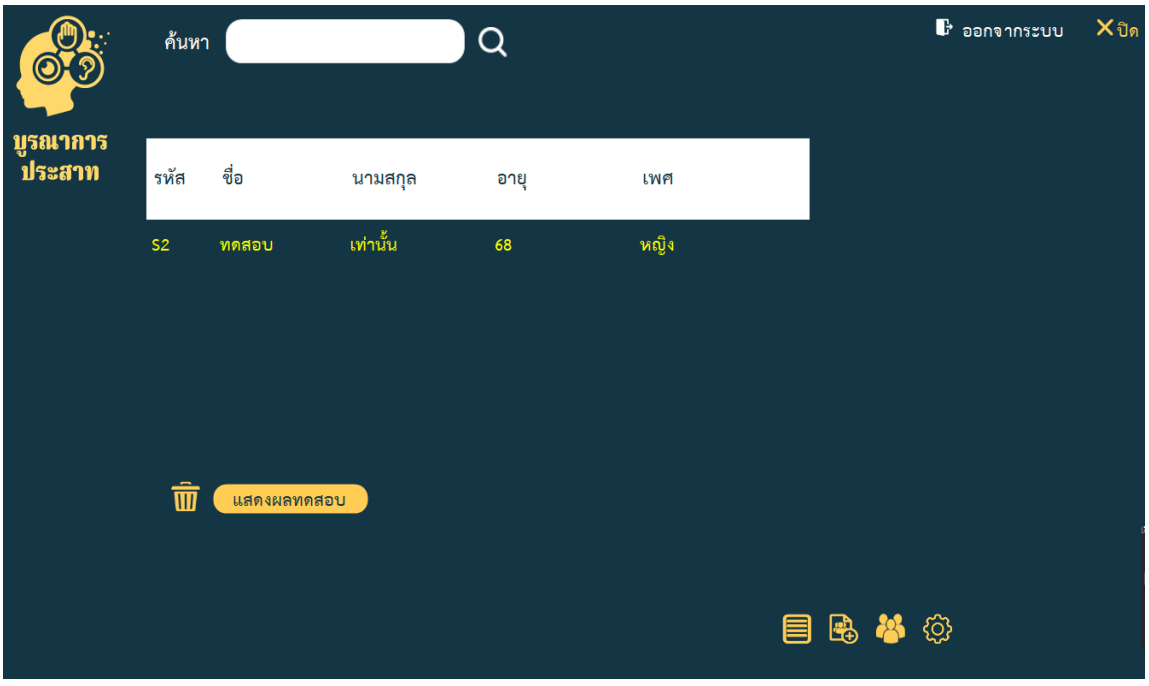
แผนภาพ 5.24 แสดงหน้าต่างผลการทดสอบหลังฝึกซ้อม



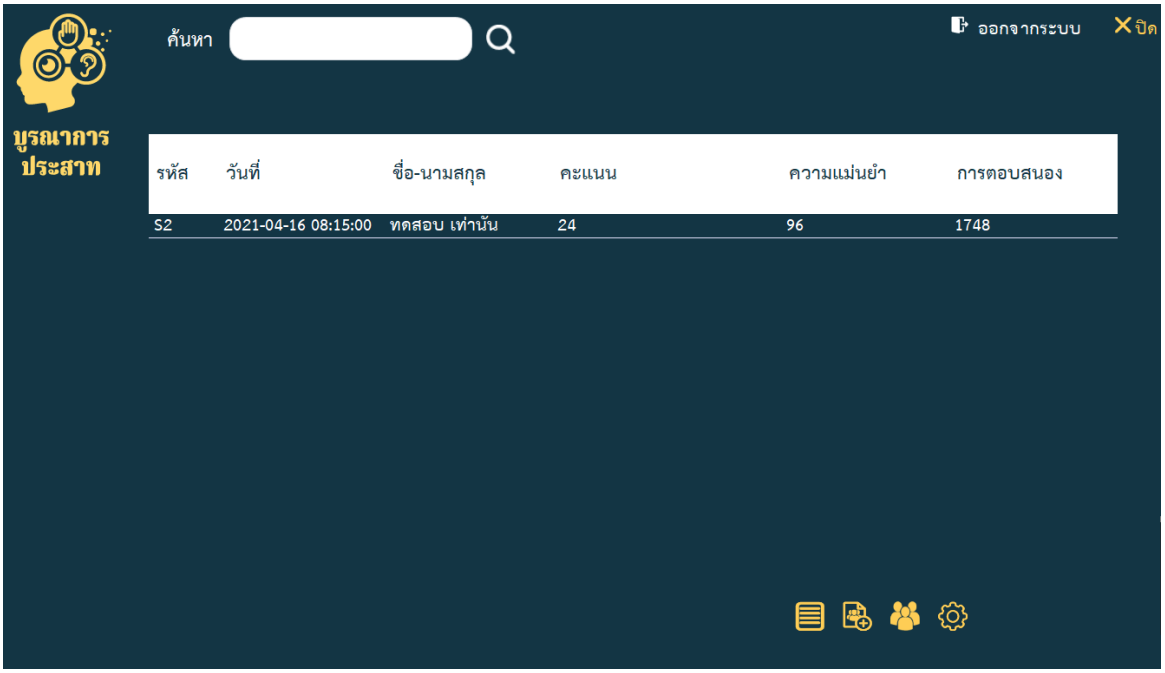
แผนภาพ 5.25 แสดงหน้าต่างเข้าสู่ระบบของผู้ดูแลระบบ



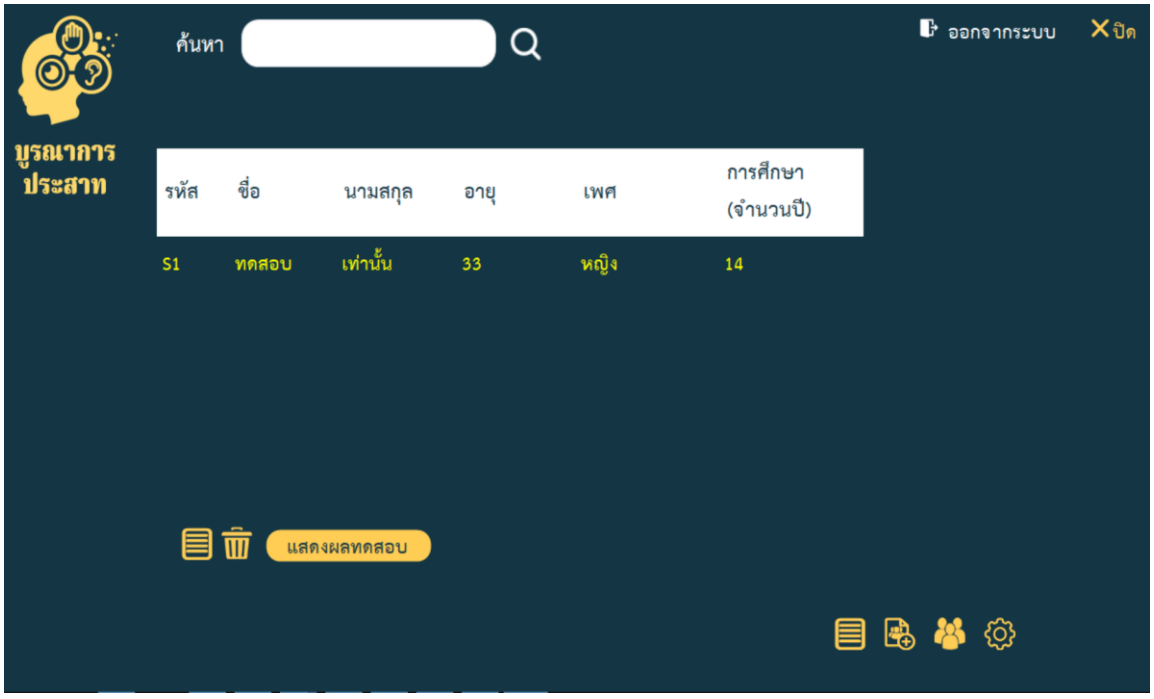
แผนภาพ 5.26 แสดงหน้าต่างสรุปข้อมูลผู้ทดสอบและผลการทดสอบ



แผนภาพ 5.27 แสดงหน้าต่างรายชื่อผู้ทดสอบ



แผนภาพ 5.28 แสดงหน้าต่างแสดงประวัติผลการทดสอบ



แผนภาพ 5.29 แสดงหน้าต่างแสดงผลการค้นหา



แผนภาพ 5.30 แสดงหน้าต่างกรอกข้อมูลผู้ใช้โปรแกรม

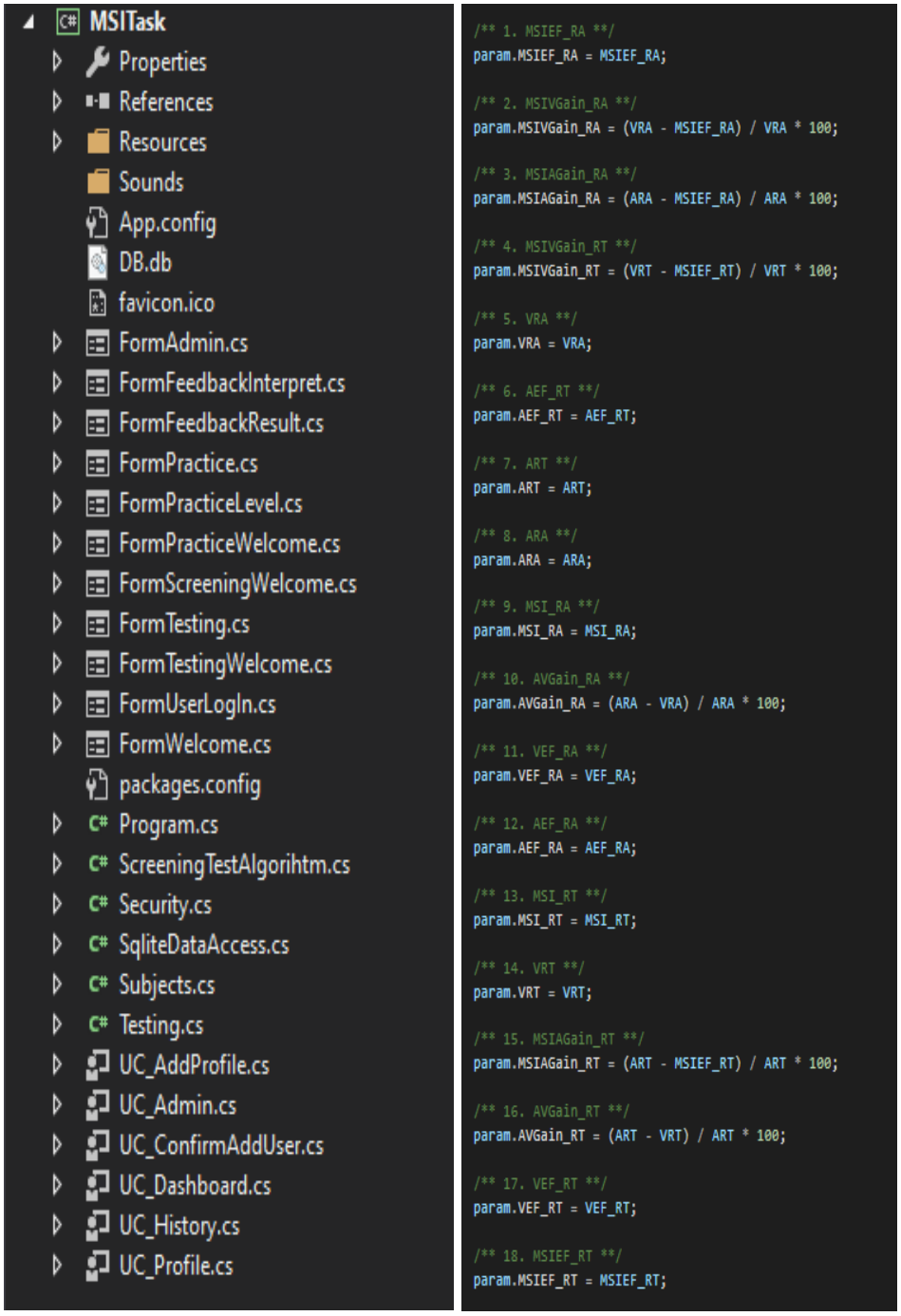


แผนภาพ 5.31 แสดงหน้าต่างยืนยันการเพิ่มข้อมูลผู้ใช้โปรแกรม



แผนภาพ 5.32 แสดงหน้าต่างเปลี่ยนรหัสผู้ดูแลระบบ

ขั้นที่ 3 การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ ผู้เขียนโปรแกรมใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ Windows 10 โปรแกรมสำหรับใช้เขียนคือ Microsoft Visual Studio Community 2019 Version 16.8.4 ภาษาที่ใช้เขียนคือ C# โดยดำเนินการเขียนโปรแกรมตามผลของการออกแบบความสัมพันธ์ของตาราง ผังการทำงานของโปรแกรม และส่วนประสานกับผู้ใช้งานโปรแกรม ซึ่งตัวอย่างของผลการเขียนโปรแกรมเป็น **แผนภาพ 5.33**



แผนภาพ 5.33 แสดงหน้าต่างการเขียนโปรแกรม

ขั้นที่ 4 การทดสอบ (นำร่อง) การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุ กับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้มีจำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น ผู้สูงอายุที่ไม่มีภาวะสมองเสื่อมจำนวน 10 คน และผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจำนวน 10 คน โดยมีการติดตั้งโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นลงในคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows 10 มีอุปกรณ์ต่อพ่วง

ได้แก่ 1) จอแสดงผลขนาด 19 นิ้ว ที่ความละเอียด แนวนอนเท่ากับ 1365 pixel แนวตั้งเท่ากับ 768 pixel 2) แป้นพิมพ์มาตรฐานแบบ 101 ปุ่ม 3) หูฟังแบบ In Ear ปรับระดับความดังที่เหมาะสมด้วยความถี่เท่ากับ 250 เฮิรตซ์ เป็นระยะเวลา 300 มิลลิวินาที ผลปรากฏว่าผู้ใช้ทั้ง 20 คน สามารถใช้โปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกสำหรับผู้สูงอายุ โดยสามารถเห็นสิ่งเร้าที่ปรากฏเป็นรูปภาพด้านซ้ายหรือด้านขวา สามารถได้ยินเสียงที่เป็นสิ่งเร้าดังจากด้านซ้ายและด้านขวา สามารถใช้แป้นพิมพ์ในการกดปุ่มตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เป็นกิจกรรมทดสอบ โปรแกรมบันทึกผลการตอบสนองต่อสิ่งเร้าและรายงานผลการทดสอบได้ถูกต้อง รายละเอียดผลการทดสอบนำร่อง ดังหัวข้อ 3.5 การศึกษานำร่องกิจกรรมทดสอบของแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ในบทที่ 3

สุดท้ายการแสดงผลการคัดกรอง ปรากฏหน้าจอดัง **แผนภาพ 5.34**



แผนภาพ 5.34 หน้าจอแสดงผลการคัดกรองจากโปรแกรมฯ



แผนภาพ 5.34 หน้าจอแสดงผลการคัดกรองจากโปรแกรมฯ (ต่อ)

บทที่ 6

อภิปรายและวิจารณ์ผล

6.1 ข้อจำกัดเดิมและข้อค้นพบใหม่

กรอบแนวคิดของการิจัยนี้มุ่งเน้นตัวแปรพื้นฐานใหม่ที่สามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติและกลุ่มเสี่ยง MCI ได้ รวมถึงคำนึงถึงข้อจำกัดของงานวิจัยและแบบคัดกรองที่ผ่านมาทั้งในประเทศและต่างประเทศ จนสามารถสรุปประเด็นสำคัญที่เป็นจุดเด่นของโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก เชื่อมโยงกับข้อจำกัดของงานวิจัยและแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุแต่เดิมและแนวทางแก้ไขสามารถสรุปได้เป็นประเด็นทั้ง 7 ข้อ ดังนี้

ประเด็น	ดั้งเดิม	แนวทางแก้ไขจากงานวิจัยนี้
1	ยังไม่พบแบบทดสอบภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุที่ใช้การบูรณาการพหุประสาทเป็นตัวแปรฐานคิด	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก โดยใช้ตัวแปรการบูรณาการการมองและการฟัง (ภาพและเสียง) เป็นตัวแปรฐานคิด
2	ยังไม่พบแบบคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่วัดกลไกความบกพร่องขั้นพื้นฐานที่สามารถคัดกรองกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกได้ทั้งแบบ aMCI และ naMCI	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกทางคอมพิวเตอร์ที่ประกอบไปด้วยตัวแปรพื้นฐานการมอง การได้ยิน และการบูรณาการการมองและการได้ยิน ซึ่งพบว่ามีความเสื่อมทั้งผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง aMCI และ naMCI
3	ยังไม่พบแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบคอมพิวเตอร์ที่ให้ค่าพารามิเตอร์ที่หลากหลายเป็นประโยชน์สำหรับการทำความเข้า	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบคอมพิวเตอร์ที่เป็นมาตรฐานลดปัญหาในการคำนวณคะแนน การดำเนินการทดสอบ การแปลผล และได้ค่าพารามิเตอร์

ประเด็น	ดั้งเดิม	แนวทางแก้ไขจากงานวิจัยนี้
	ใจความเสื่อมของการทำงานของสมองในหลายๆ มิติ	เชิงพฤติกรรมที่หลากหลาย จำนวน 18 ตัว ได้แก่ (1) ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น) (2) ความเร็วในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น) (3) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น) (4) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น) (5) ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน) (6) ความเร็วในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน) (7) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน) (8) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน) (9) ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (10) ความเร็วในการตอบโดยรวม (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (11) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (12) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท)

ประเด็น	ดั้งเดิม	แนวทางแก้ไขจากงานวิจัยนี้
		(13) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (14) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (15) ความแม่นยำในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (16) ความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (17) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท) (18) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท (กิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท)
4	แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมแต่เดิมมีข้อจำกัดเรื่องอิทธิพลระดับการศึกษาของผู้ถูกทดสอบ ทำให้ไม่สามารถใช้ได้กับผู้สูงอายุทุกกลุ่ม ไม่สอดคล้องกับบริบทสังคมไทยที่มีผู้สูงอายุจำนวนมากมีระดับการศึกษาต่ำ	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่ไม่ซับซ้อน เหมาะกับผู้สูงอายุไทยที่มีระดับการศึกษาค่อนข้างต่ำ โดยหากสามารถอ่านออกหรือจบการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนต้นก็สามารถถูกคัดกรองด้วยโปรแกรมฯ นี้ได้
5	แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมแต่เดิมมีข้อจำกัดเรื่องวัฒนธรรม ภาษา รูปภาพ	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่ใช้เพียงภาพและเสียงพื้นฐาน ได้แก่ ภาพวงกลม และเสียง Sine wave หรือ

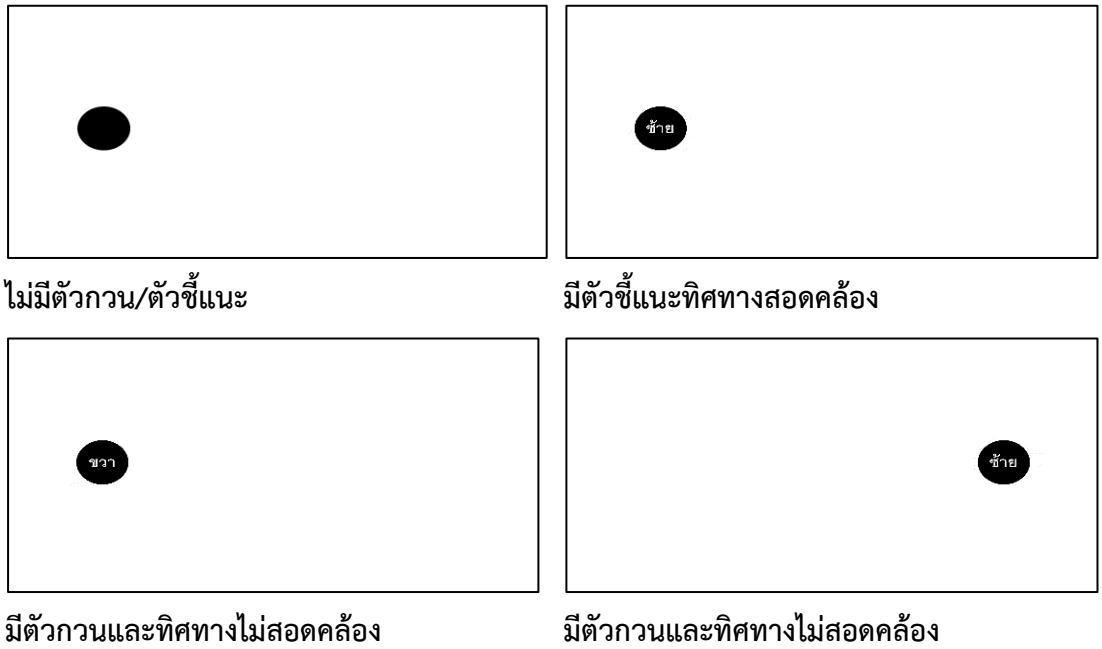
ประเด็น	ดั้งเดิม	แนวทางแก้ไขจากงานวิจัยนี้
	ต่างๆ ที่ไม่เหมาะกับบริบทในชุมชนของผู้สูงอายุไทย	Pure tone เสียง “ติ๊ด” เท่านั้น และใช้ภาษาประกอบเพียง “ซ้าย” หรือ “ขวา”
6	แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมแต่เดิมขาดการบูรณาการเทคโนโลยีที่ทันสมัยในการคำนวณและแปลผลการคัดกรอง	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่กำหนดจุดตัดคะแนน (Cut-off score) ค่าความแม่นยำในการจำแนก ค่าความไว ค่าความจำเพาะ และพื้นที่ใต้โค้งด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่าในการคำนวณและแปลผลการคัดกรองกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในชุมชน
7	แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมแต่เดิมไม่สามารถเชื่อมต่อหรือกระตุ้นคลื่นไฟฟ้าสมองได้ ซึ่งทำให้ขาดความสามารถในการผนวกตัวบ่งชี้ทางสมองสำหรับการอธิบายการทำงานของสมองผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงเชิงลึก	สร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่สามารถวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบได้ โดยมีการเพิ่มตัวระบุช่วงเวลา และแนวทางในการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น รวมถึงแนวทางในการกรองคลื่นไฟฟ้าสมองและการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเทคนิคพลังงานสัมพัทธ์ และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ สำหรับหน่วยงานที่มีความพร้อมเรื่องอุปกรณ์และบุคลากรที่ผ่านการอบรม

6.2 ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก การมองเห็น การได้ยิน และการบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุจากข้อมูลเชิงพฤติกรรม

สมมุติฐานการวิจัยของงานวิจัยนี้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ กล่าวคือ (1) ผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ได้คะแนนเชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่เป็นผลลัพธ์จากโปรแกรมคัดกรองฯ แตกต่างกัน (2) คะแนนจากพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรมคัด

กรองสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติและกลุ่มเสี่ยง MCI ได้ และ (3) โปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นมีค่าความเที่ยงและความตรงในระดับสูง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ปรากฏในบทที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้

ข้อมูลจากพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมที่เป็นผลลัพธ์ของกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 ของโปรแกรมคัดกรองฯ มีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเสื่อมของสมองของผู้สูงอายุ ซึ่งสนับสนุนสมมุติฐานการวิจัยที่ระบุไว้แต่ต้นว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ได้คะแนนเชิงพฤติกรรมแตกต่างกัน การพิจารณาลงในรายละเอียด พบว่า คะแนนจากกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นทั้งความถูกต้องและความเร็วในการตอบต่างแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุสองกลุ่ม ผู้สูงอายุกลุ่มปกติทำถูกมากกว่าและตอบเร็วกว่า หากพิจารณาในเชิงโครงสร้างของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น พบว่า กิจกรรมทดสอบนี้ต้องใช้ความสามารถของสมองในเรื่องความใส่ใจ ความจำขณะคิด การบริหารจัดการของสมอง และความเร็วในการประมวลผล เนื่องจากสิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบนี้มีปรากฏในทิศทางที่สอดคล้องและไม่สอดคล้อง (ตัวกวน) กับข้อความปรากฏร่วม ดังปรากฏใน**แผนภาพ 6.1** ด้านล่าง



แผนภาพ 6.1 ตัวอย่างสิ่งเร้าของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นของโปรแกรมคัดกรองฯ

ดังนั้นผลการวิจัยจึงสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมา ซึ่งพบว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI อาจเริ่มมีความบกพร่องในเรื่องความถูกต้องและความเร็วในการประมวลผลข้อมูลที่ต้องอาศัยความใส่ใจและความจำขณะคิดมากกว่าผู้สูงอายุปกติ (Saunders & Summers, 2010) นอกจากนี้ กิจกรรมทดสอบยังแบ่งเงื่อนไขของสิ่งเร้าเป็นตัวกวน/ตัวชี้แนะ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ถึงแม้จะมีตัวชี้แนะช่วยในการประเมินทิศทางสิ่งเร้าที่ปรากฏ แต่ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากตัวชี้แนะเหล่านี้ได้ จึงทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาเช่นกันที่พบว่าผู้สูงอายุกลุ่ม MCI มีความเสื่อมในเรื่องความใส่ใจมุ่งเน้น (Focused attention) และไม่สามารถใช้ประโยชน์จากตัวชี้แนะที่ปรากฏในกิจกรรมทดสอบได้ (Levinoff, Saumier, & Chertkow, 2005)

กระบวนการในการประมวลผลที่เสื่อมมากกว่าปกติในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI สามารถพิจารณาจากความจำขณะคิด เนื่องด้วยกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นประกอบด้วยสิ่งเร้าหลายเงื่อนไข โดยเฉพาะเงื่อนไขที่มีตัวกวนและทิศทางไม่สอดคล้อง ผู้สูงอายุกลุ่ม MCI อาจต้องใช้กระบวนการควบคุมทางความคิด (Cognitive control) มากกว่าปกติ ซึ่งกระทบต่อความจำขณะคิดที่สูญเสียทรัพยากรความใส่ใจ (Attentional resources) มากกว่าในการควบคุมความคิดให้แยกทั้งตัวกวนและทิศทางของสิ่งเร้าออกได้ (Aurtenetxe et al., 2016) ดังนั้นเมื่อความจำขณะคิดเสื่อมลง จึงกระทบต่อการบริหารจัดการของสมองซึ่งต้องอาศัยความจำขณะคิดในการจัดสรรความใส่ใจ (Attentional allocation) และจัดระบบข้อมูล (ยึดโยงข้อมูล) ที่จะเข้าสู่กระบวนการคิด วางแผนแล้วตัดสินใจต่อไป (Kirova, Bays, & Lagalwar, 2015; Traykov et al., 2007) สุดท้ายความเสื่อมที่ชัดเจนอย่างมีนัยสำคัญหลายมิติที่ปรากฏผ่าน 4 พารามิเตอร์ของกิจกรรมทดสอบทางการมองเห็นนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ที่บกพร่องหลายด้านของการรู้คิด (Cognition) มีความเสี่ยงสูงที่จะพัฒนาไปเป็นภาวะสมองเสื่อมต่อไป (Brandt et al., 2009; Guarino, Forte, Giovannoli, & Casagrande, 2020; Zheng et al., 2012)

กิจกรรมทดสอบทางการได้ยิน ยึดความสามารถในการประมวลผลข้อมูลที่ได้จากการฟังแยกทิศทางและทั้งสองทิศทาง โดยวิเคราะห์ความสามารถประเด็นนี้จากพารามิเตอร์ 4 ตัว ได้แก่ ความถูกต้องในการตอบโดยรวม ความเร็วในการตอบโดยรวม ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน และความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน ซึ่งเงื่อนไขซับซ้อนในที่นี้ คือ การที่เสียงมาจากทั้งสองข้างของหูฟัง งานวิจัยที่ผ่านมาพบถึงปัญหาในการประมวลผลข้อมูลที่ได้ยินโดยเฉพาะที่ Auditory cortex ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสมองกลีบข้าง (Temporal lobe) ของผู้สูงอายุกลุ่ม MCI โดย

ปัญหาในการประมวลผลนี้ต่อเนื่องจากความผิดปกติของการรับสัมผัสและการรับรู้ในเปลือกสมองที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินและภาษา (Bidelman, Lowther, Tak, & Alain, 2017) อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้มีประเด็นข้อค้นพบที่น่าสนใจเพิ่มเติมจากข้อค้นพบที่ผ่านมา ได้แก่ กิจกรรมทดสอบทางการได้ยินที่ใช้ไม่ซับซ้อน เป็นเพียงเสียง Pure tone ที่ให้ผู้สูงอายุได้ยินจากหูฟังฝั่งซ้าย ฝั่งขวา หรือทั้งสองฝั่ง ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้ การทดสอบฟังตัวเลขพร้อมกันสองทิศทาง (Dichotic digits test) ที่มีความซับซ้อนแล้วพบว่า สามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ออกจากผู้สูงอายุปกติได้ (Häggström, Rosenhall, Hederstierna, Östberg, & Idrizbegovic, 2018; Idrizbegovic et al., 2011; Rahman, Mohamed, Albanouby, & Bekhet, 2011)

ดังนั้น ผลการวิจัยที่ได้จากกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินพื้นฐานนี้สามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติจากกลุ่มเสี่ยง MCI ได้เช่นกัน โดยผู้สูงอายุปกติมีความเร็วในการประมวลผลข้อมูลที่ได้ยินมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ในระดับปานกลาง อย่างไรก็ตาม ความถูกต้องในการตอบโดยรวม ความเร็วในการตอบโดยรวม ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน ไม่แตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม คำอธิบายนี้อาจเนื่องมาจากระดับความยากง่ายของกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินเอง หากพิจารณาจาก**ตาราง 4.3** จะพบว่า เวลาที่ใช้หรือความเร็วในการประมวลผลข้อมูลที่ได้ยินแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างเงื่อนไขโดยรวมกับเงื่อนไขซับซ้อน รวมถึงกิจกรรมทดสอบนี้อาจใช้ความใส่ใจและความจำขณะคิดน้อยกว่ากิจกรรมทดสอบทางการมองเห็น จึงทำให้ไม่พบความแตกต่างของความแม่นยำและความเร็วในการตอบสำหรับบางเงื่อนไข หรือกิจกรรมทดสอบทางการได้ยินนี้กระตุ้นเพียง Peripheral auditory processing ยังไม่สามารถกระตุ้นหรือประเมินถึงระดับ Central auditory processing ได้นั่นเอง (Panza et al., 2019)

กิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท ถือเป็นกิจกรรมทดสอบที่ซับซ้อนซึ่งต้องอาศัยทั้งการได้ยินและการมองเห็นพร้อมกัน ดังนั้นกิจกรรมในลักษณะ Cross-modal เช่นนี้จึงต้องอาศัยกระบวนการทางปัญญาหรือการรู้คิดขั้นสูง ได้แก่ ความใส่ใจ ความจำขณะคิด ความเร็วในการประมวลข้อมูล และการบูรณาการทั้งการได้ยินและการมองเห็น กิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทให้ค่าพารามิเตอร์จำนวน 10 ตัว ได้แก่ (1) ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (2) ความเร็วในการตอบโดยรวม (3) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (4) ความเร็วในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (5) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (6) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น (7) ความแม่นยำในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท (8) ความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท

(9) ความแม่นยำในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท และ (10) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับพหุประสาท

อย่างไรก็ตามผลการวิจัยพบว่ามีเพียง 4 พารามิเตอร์ที่สามารถจำแนกผู้สูงอายุปกติและกลุ่มเสี่ยง MCI ได้ ได้แก่ (1) ความถูกต้องในการตอบโดยรวม (2) ความถูกต้องในการตอบเงื่อนไขซับซ้อน (3) ความเร็วในการได้ยินเทียบกับการมองเห็น และ (4) ความเร็วในการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท โดยความแตกต่างหรือความสามารถในการจำแนกอยู่ในระดับสูง ซึ่งแตกต่างจาก Unimodal ทั้งการมองเห็นและการได้ยินที่มีความสามารถในการจำแนกอยู่ในระดับน้อยจนถึงปานกลาง ผลการวิจัยนี้สามารถตีความได้ว่า ความเร็วในการประมวลผลข้อมูลภาพและเสียงใกล้เคียงกันระหว่างผู้สูงอายุสองกลุ่ม แต่ผู้สูงอายุปกติตอบได้อย่างถูกต้องมากกว่า โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาจากกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทเงื่อนไขซับซ้อนที่พบว่าผู้สูงอายุปกติทำได้ดีกว่ากลุ่มเสี่ยง MCI เป็นอย่างมาก

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากความเร็วในการประมวลผลเปรียบเทียบกันระหว่างการได้ยินและการมองเห็นของผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม พบว่า ผู้สูงอายุปกติประมวลผลการได้ยินช้ากว่าการมองเห็น แต่ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้เวลาในการประมวลผลการได้ยินเร็วกว่าการมองเห็น สุดท้ายเมื่อพิจารณาจากความเร็วในการประมวลผลการมองเห็นเทียบกับพหุประสาท พบว่า ผู้สูงอายุปกติใช้เวลาในการประมวลผลภาพน้อยกว่าพหุประสาทประมาณ 30% โดยที่ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้เวลาในการประมวลผลภาพน้อยกว่าพหุประสาทประมาณ 10% ซึ่งอาจสะท้อนความเสื่อมในการจำแนกระหว่างสิ่งเร้าเดี่ยวกับสิ่งเร้าพหุ

ผลการวิจัยจากกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาทสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาหลายเรื่อง กล่าวคือ ผู้สูงอายุกลุ่ม MCI เริ่มมีความผิดปกติในการบูรณาการสิ่งเร้าที่เป็นภาพและการมองเห็นตั้งแต่ระดับล่างขึ้นบน (Bottom-up audiovisual integration) (Festa, Katz, Ott, Tremont, & Heindel, 2017; Hirst, McGovern, Setti, Shams, & Newell, 2020) ผู้สูงอายกลุ่ม MCI ประมวลผลการได้ยินเร็วกว่าการมองเห็น ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการชดเชย (Compensation activation) ที่เกิดขึ้นกับการฟังที่เสื่อมในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI มากกว่ากลุ่มปกติ (Murray et al., 2018) นอกจากนี้ เงื่อนไขที่สอดคล้องทั้งภาพและเสียงปรากฏในทิศทางเดียวกัน อาจเป็นประโยชน์ในการตอบถูกหรือรวดเร็วขึ้น แต่ผลการวิจัยนี้กลับพบว่าการบูรณาการแบบ cross-modal อาจเป็นปัญหาหนึ่งในผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ซึ่งเสียงไม่สามารถช่วยส่งเสริม (Auditory facilitation) การรับรู้

ภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นเดียวกับผู้สูงอายุกลุ่มปกติ (Roudaia, Calabro, Vaina, & Newell, 2018)

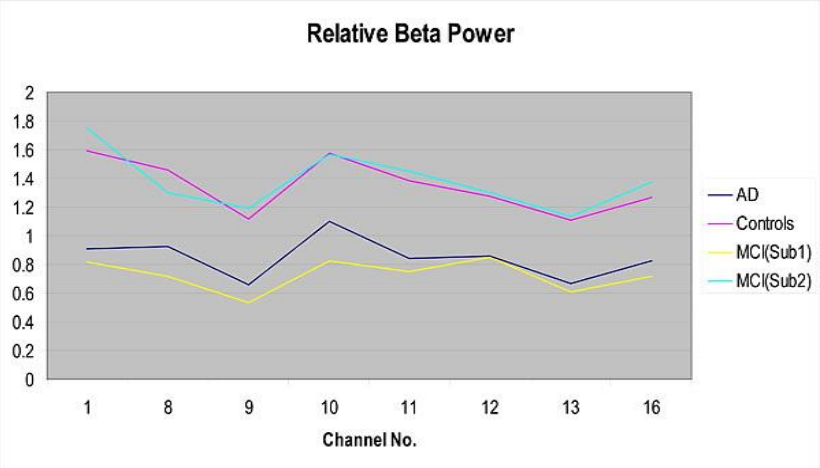
6.3 ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก และการบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุจากข้อมูลคลื่นไฟฟ้าสมองและศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

ผลการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท ดังปรากฏใน**ตาราง 4.5** และ **4.6** แสดงให้เห็นว่าย่าน Beta 2 (19.2-32.4 เฮิร์ทซ) แตกต่างกันสองเท่าระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติกับเสี่ยง MCI โดยที่ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีค่าพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองมากกว่ากลุ่ม MCI (16% กับ 8%) และ P200 ณ ตำแหน่งสมองส่วนหน้ามีค่าความโด่งแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุสองกลุ่ม โดยที่ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีค่าความโด่งของ P200 มากกว่ากลุ่มเสี่ยงในระดับปานกลาง ณ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าฝั่งขวาของสมองส่วนหน้าสำหรับเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้อง และ ณ ตำแหน่งขั้วไฟฟ้าฝั่งซ้าย ขวา และตรงกลางของสมองส่วนหน้าสำหรับเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าไม่สอดคล้อง

ผลการวิจัยนี้สามารถตีความได้ว่าคลื่นที่มีความถี่สูงที่สะท้อนกระบวนการคิดที่ซับซ้อนหรือขั้นสูงมีความแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่ม ขณะที่กำลังทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสาท ซึ่งผู้สูงอายุปกติมีสัดส่วนของคลื่น Beta2 น้อยกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมามักบันทึกคลื่นไฟฟ้าขณะพัก (หลับตา/ลืมตา) (Resting-state EEG) เพื่อใช้ประโยชน์ในการจำแนกผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมและทำนายการดำเนินโรค โดยเฉพาะสนใจความผิดปกติของปริมาตรสมองส่วน Hippocampus หรือ Hippocampal atrophy รวมถึง Amygdalophippocampal complex (AHC) ซึ่งสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนคลื่นความถี่สูงโดยเฉพาะย่าน Alpha 3/2 ณ สมองส่วนขมับและด้านข้าง (Temporal-parietal cortex) (Moretti, 2015; Moretti et al., 2009; Moretti et al., 2012) อย่างไรก็ตาม นอกเหนือจากการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพักโดยไม่ได้ถูกกระตุ้นด้วยสิ่งเร้าจากกิจกรรมทดสอบแล้ว งานวิจัยเหล่านี้มุ่งจำแนกความผิดปกติของผู้สูงอายุกลุ่ม MCI ออกจากผู้สูงอายุกลุ่มปกติ หรือกลุ่มภาวะสมองเสื่อมจากตัวแปรความจำเป็นหลัก ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานวิจัยนี้

การจำแนกผู้ป่วย MCI ที่มีแนวโน้มจะกลายเป็นผู้ป่วยภาวะสมองเสื่อม หากพิจารณาที่เทคนิคการวิเคราะห์เชิงลึกที่สามารถระบุถึงความผิดปกติของคลื่นไฟฟ้าสมองได้อย่างแม่นยำ เช่น

การเรียนรู้ของเครื่อง พบว่าสามารถจำแนกผู้ป่วย MCI ที่อาการจะคงที่หรือเสื่อมลงได้แม่นยำกว่า 80% ด้วยการใช้คลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Beta (Baker & Schiffer, 2008) ดัง**แผนภาพ 6.2** ซึ่งข้อค้นพบนี้แสดงให้เห็นถึงเทคนิคการวิเคราะห์เชิงลึกที่สามารถพบความแตกต่างของคลื่นไฟฟ้าสมองย่านความถี่สูง ถือเป็นย่านที่สามารถจำแนกผู้ป่วย MCI กลุ่มย่อยได้เช่นกันถึงแม้ว่าจะใช้เพียงคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก เช่นเดียวกับ ผลการศึกษาระยะยาวโดยใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นตัวบ่งชี้และติดตามผลการวิจัยพบว่าคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Alpha และ Beta มีการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณสมองส่วนหน้า โดยพบความเปลี่ยนแปลงนี้ในกลุ่มผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมเมื่อเทียบกับผู้สูงอายุปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ความเปลี่ยนแปลงทั้งสองย่านยังไม่ชัดเจนนักในกลุ่มผู้สูงอายุกลุ่ม MCI เมื่อเทียบกับผู้สูงอายุปกติ (Huang et al., 2000)

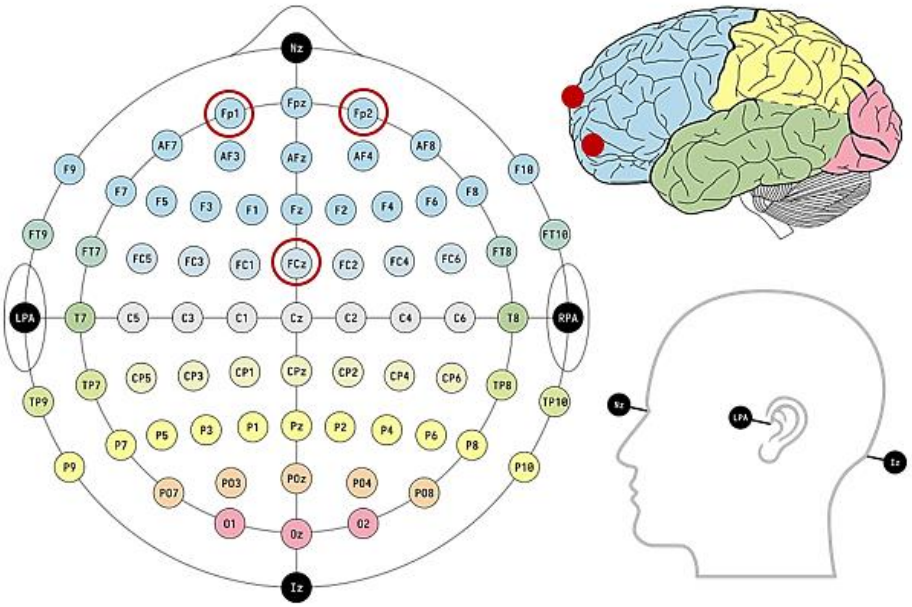


แผนภาพ 6.2 พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Beta แตกต่างกันระหว่างกลุ่ม MCI ประเภทต่างๆ กลุ่มภาวะสมองเสื่อม (AD) และกลุ่มปกติ (Controls) (Baker & Schiffer, 2008) (ภาพประกอบเป็นภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข the Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported (CC BY-NC 3.0))

การเปรียบเทียบคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมทดสอบ (Active-state EEG) ที่เกี่ยวข้องกับการบูรณาการพหุประสาท โดยเฉพาะการมองเห็นและการได้ยินในกลุ่มผู้สูงอายุ พบว่า กลุ่มนี้ใช้ทรัพยากรมากกว่ากลุ่มช่วงอายุวัยรุ่น (22-28 ปี) กระบวนการบูรณาการพหุประสาทจำเป็นต้องใช้การเปรียบเทียบ การผนวกข้อมูลระหว่างประมวลผลภาพและเสียง ซึ่งก่อให้เกิดการถ่วงทรัพยากร

มาก (Cognitive load) โดยคลื่นไฟฟ้าสมองที่สะท้อนกระบวนการบูรณาการนี้ ได้แก่ ย่าน Beta (13-30 เฮิรตซ์) ดังนั้น ผลการวิจัยนี้จึงสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบถึงกระบวนการทางสมองที่ซับซ้อน เช่น การบูรณการข้อมูลหลากหลายชนิด ต้องอาศัยคลื่นไฟฟ้าที่มีความถี่สูงในการดำเนินการ (Başar-Eroglu, Strüber, Schürmann, Stadler, & Başar, 1996; Goodman et al., 2018) อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยนี้มีส่วนในการนำเสนอข้อมูลใหม่ที่พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองย่าน Beta มากกว่าผู้สูงอายุปกติอย่างนีนัยสำคัญในการบูรณาการข้อมูล และเมื่อนำผลการวิจัยนี้เชื่อมโยงกับผลการวิจัยเชิงพฤติกรรม จะพบว่าถึงแม้จะต้องใช้พลังงานหรือทรัพยากรมากขึ้น แต่ก็ได้คะแนนต่ำกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติโดยเฉลี่ย

นอกจากนี้แล้ว การพิจารณากระบวนการภายในสมองอย่างเป็นลำดับ เพื่อให้เข้าใจลำดับของกระบวนการที่เสื่อมหรือบกพร่องของสมองผู้สูงอายุ ถือเป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน การวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ช่วยให้เห็นภาพกระบวนการทำงานของสมอง ณ ตำแหน่งต่างๆ ขณะทำกิจกรรมทดสอบได้อย่างชัดเจน (Morrison, Rabipour, Taler, Sheppard, & Knoefel, 2019) งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าองค์ประกอบของศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์หลายตัวที่สัมพันธ์กับความเสื่อมของสมอง โดยที่องค์ประกอบแต่ละตัวนั้นสะท้อนกระบวนการที่แตกต่างกันเมื่อเวลาผ่านไปในแต่ละมิลลิวินาที ยกตัวอย่างเช่น องค์ประกอบตอนต้น ได้แก่ P100 (Missonnier et al., 2005) P200 และ N200 (Papaliagkas, Kimiskidis, Tsolaki, & Anogianakis, 2011) และองค์ประกอบตอนปลาย ได้แก่ P300 และ N400 (Paitel, Samii, & Nielson, 2021) เป็นต้น ผลการวิจัยครั้งนี้ พบความแตกต่างขององค์ประกอบ P200 ณ ตำแหน่งของสมองส่วนหน้าทั้งสองฝั่งและตรงกลาง (FP1 FP2 และ FCz) ดัง**แผนภาพ 6.3** โดยที่ผู้สูงอายุกลุ่มปกติมีความโด่งขององค์ประกอบ P200 มากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ทั้งในเงื่อนไขทิศทางของสิ่งเร้าสอดคล้องและไม่สอดคล้อง ดัง**ตาราง 4.6**



แผนภาพ 6.3 ตำแหน่งองค์ประกอบ P200 ที่มีความโด่งแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI (ผู้แต่ง Laurens R. Krol (2020) ชื่อภาพ EEG 10-10 system with additional information ภาพปลอดลิขสิทธิ์ภายใต้เงื่อนไข Creative Commons Zero: Public Domain Dedication)

การใช้ชีวิตประจำวันเราต่างต้องเผชิญกับสิ่งเร้าหลากหลายรูปแบบ ซึ่งสมองจำเป็นต้องประมวลผลข้อมูลพหุเหล่านี้อย่างรวดเร็ว เพื่อช่วยบูรณาการ การคิด การตัดสินใจและเป็นแนวทางในการแสดงออกมาเป็นพฤติกรรม (Stein & Stanford, 2008) งานวิจัยที่ผ่านมาใช้การวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์เพื่อติดตามและทำความเข้าใจกระบวนการที่เฉพาะเจาะจงขณะที่สมองประสานข้อมูลพหุ (Multisensory integration processes) การประสบความสำเร็จในการบูรณาการข้อมูล จึงอาจขึ้นอยู่กับความสามารถในการค้นหา (Detect) หรือระบุ (Identification) สิ่งเร้าพหุที่ปรากฏตรงหน้าหรือรอบตัว ผลการวิจัยจากข้อมูลเชิงพฤติกรรมครั้งนี้ พบความเสื่อมที่ชัดเจนในการบูรณาการพหุประสาทของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ซึ่งผลการวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ P200 แสดงให้เห็นว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความบกพร่องในกระบวนการประมวลผลตอนต้น (Early processing) โดยกระบวนการบกพร่องในส่วนต้นนี้ อาจทำให้เกิดกระบวนการชดเชยในกระบวนการประมวลผลตอนปลาย (Late processing) หรือ Late

attentional processes ดังนั้น องค์ประกอบ NSW จึงไม่พบความแตกต่างกันระหว่างผู้สูงอายุสองกลุ่มทั้งในมิติความโด่งและความเร็ว (Stefanou et al., 2020)

ถึงแม้ว่าในปัจจุบันยังไม่พบงานวิจัยที่ศึกษาการบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI โดยใช้เทคนิควิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ งานวิจัยในปัจจุบันหลายเรื่องที่ศึกษาในคนทั่วไป พบว่า กระบวนการบูรณาการพหุประสาทสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งแบบตอนต้นหรือตอนปลาย ยกตัวอย่างเช่น Talsma, Doty, and Woldorff (2006) พบผลของการบูรณาการสิ่งเร้าภาพและเสียงตั้งแต่องค์ประกอบ P50 บริเวณสมองส่วนหน้า สะท้อนถึงการทำงานของสมองที่ใช้ความใส่ใจเลือกสรรในการค้นหาหรือระบุสิ่งเร้าภาพและเสียงตั้งแต่เริ่มแรก ข้อค้นพบของการวิจัยนี้มีส่วนช่วยอธิบายกระบวนการบูรณาการข้อมูลพหุชัดเจนขึ้น โดยความแตกต่างปรากฏเฉพาะองค์ประกอบ P200 ณ ตำแหน่งสมองส่วนหน้านี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาบางส่วน (Zumer, White, & Noppeney, 2020) ซึ่งสามารถตีความได้ว่าผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีข้อบกพร่องของระบบการจับคู่สิ่งเร้าพหุ (Cognitive matching system) (Freunberger, Klimesch, Doppelmayr, & Höller, 2007) หรือความบกพร่องของระบบประตูเปิดรับสิ่งเร้า (Sensory gating deficits) (Ally, Jones, Cole, & Budson, 2007) นั่นเอง ประเด็นท้ายสุด คือ ความบกพร่องของทั้งระบบการจับคู่และเปิดรับสิ่งเร้า ถือเป็นข้อค้นพบที่ชัดเจนโดยหากพิจารณาจากเงื่อนไขของกิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาทที่พบว่า หากสิ่งเร้าภาพและเสียงไม่สอดคล้องกัน หรือปรากฏคนละทิศทางกัน เงื่อนไขนี้กระตุ้นความบกพร่องในผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI อย่างชัดเจน เพราะไม่สามารถจัดสรรความใส่ใจในการจับคู่และค้นหาสิ่งเร้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงทำให้ค่าความโด่งของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ต่ำกว่ากลุ่มปกติอย่างชัดเจน

สุดท้าย ความสามารถในการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI จากข้อมูลเชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมอง (พลังงานสัมพัทธ์) และศักย์ไฟฟ้าสัมพันธ์กับเหตุการณ์ พบว่า ข้อมูลหรือพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมมีความแม่นยำในการจำแนกได้ดีที่สุดถึง 90% เมื่อเทียบกับพารามิเตอร์คลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองแบบ (.78 สำหรับพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง และ .57 สำหรับศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์) ดัง**ตาราง 4.9 4.10** และ **4.11** ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาที่ใช้คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นตัวจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติกับกลุ่ม MCI แล้วใช้การเรียนรู้ของเครื่องเป็นวิธีการสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น .60 สำหรับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก (Meghdadi et al., 2021) .84 และ .80 สำหรับคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก .90 สำหรับแบบทดสอบเคาะนิ้วต่อเนื่อง (Finger tapping

test: FTT) และ .74 สำหรับแบบทดสอบความใส่ใจต่อเนื่อง (Continuous performance test: CPT) (Sharma, Kolekar, Jha, & Kumar, 2019)

สาเหตุสำคัญที่พบความแตกต่างของความแม่นยำในการจำแนกของพารามิเตอร์ประเภทต่างๆ กล่าวคือ ข้อมูลเชิงพฤติกรรมจำแนกได้ดีกว่าคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับประเด็นความครอบคลุมของการคัดกรองตั้งแต่การประมวลผลของสมองตอนต้นจนถึงตอนปลาย เริ่มจากการค้นหา การเปรียบเทียบ การควบคุม การสั่งการ และการลงมือทำ ข้อสังเกตุนี้เชื่อมโยงกับข้อมูลจากงานวิจัยที่ผ่านมาที่พบว่ากิจกรรมทดสอบที่สามารถวัดกระบวนการประมวลผลของสมองได้อย่างครอบคลุมจนถึงการลงมือมีประสิทธิภาพมากกว่าในการจำแนกหรือการทำนาย กล่าวคือ การเปรียบเทียบระหว่างคลื่นไฟฟ้าสมองจากแบบทดสอบ FFT กับ CPT พบว่า FFT มีความสามารถในการจำแนกผู้สูงอายุปกติออกจากกลุ่ม MCI ได้มากกว่า (.90 กับ .74) (Sharma et al., 2019) ต่อมา ประเด็นความเข้าใจ ความสามารถในการเคลื่อนไหว หรือเลียนแบบตามที่สมองสั่งการ หรือ Praxis ถือเป็นตัวแปรสำคัญที่พบว่าผิดปกติเป็นอันดับแรกๆ ในผู้ป่วยที่มีภาวะสมองเสื่อม (Johnen, Reul, Wiendl, Meuth, & Duning, 2018; van der Flier et al., 2002) งานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า แบบทดสอบ Praxis มีความแม่นยำในการจำแนกผู้สูงอายุปกติออกจากผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมเล็กน้อย (Mild dementia) ได้แม่นยำประมาณร้อยละ 88 (ความจำเพาะ 71% และความไว 88%) (Cecato, Melo, Moraes, Martinelli, & Montiel, 2018) ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ข้อมูลเชิงพฤติกรรมที่ได้จากกิจกรรมทดสอบการบูรณาการพหุประสาท ครอบคลุมกระบวนการทำงานของสมองมากกว่าที่ได้จากคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งสะท้อนกระบวนการเชิงลึกในลักษณะ Visual และ Auditory central processing เป็นหลัก อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ที่ชัดเจนของทั้งพลังงานสัมพัทธ์จากคลื่นไฟฟ้าสมองและศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ ได้แก่ การอธิบาย หรือตีความผลการคัดกรองในเชิงลึกทั้งในเชิงพลังงานที่ใช้และกระบวนการประมวลผลที่บกพร่องในผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สำคัญ 3 ประการ ได้แก่ (1) เพื่อพัฒนาโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์แบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทสำหรับการตรวจหาภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกในผู้สูงอายุไทยในชุมชน (2) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม คลื่นไฟฟ้าสมองและศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์เหตุการณ์ขณะทำโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติกับเสี่ยง MCI และ (3) เพื่อทดสอบความตรงและความเที่ยงของโปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดที่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ คือ 120 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มผู้สูงอายุปกติจำนวน 60 คนและผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI จำนวน 60 คน เครื่องมือที่ใช้ในการคัดกรอง ได้แก่ แบบสอบถามข้อมูลทั่วไป (ระดับการศึกษา เพศ อายุ ความถนัดของมือ จำนวนมื้ออาหารที่รับประทานแต่ละวัน โรคประจำตัว ประวัติอุบัติเหตุทางสมองและทางจิตเวช การมองเห็น และการได้ยิน) แบบประเมินสายตาระยะใกล้ เครื่องทดสอบการได้ยิน แบบประเมินความถนัดการใช้มือขวา และแบบประเมินภาวะซึมเศร้า และเครื่องมือที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มผู้สูงอายุ ได้แก่ แบบทดสอบสภาพสมองเบื้องต้นฉบับภาษาไทย แบบสอบถามความจำรำพัน หรือแบบสอบถามภาวะหลงลืมประเมินตนเอง แบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐาน และแบบประเมินกิจวัตรที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย

การวิเคราะห์ข้อมูลประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ได้แก่ (1) การวิเคราะห์ข้อมูลตัวแปรพื้นฐาน ข้อมูลพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรม ข้อมูลพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์จากการทำกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 ของโปรแกรมคัดกรองฯ (2) สถิติทดสอบความแตกต่างที่คำนึงถึงตัวแปรร่วม (อายุ) เพื่อทดสอบความแตกต่างของตัวแปรพื้นฐาน ข้อมูลพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองประเภทต่างๆ ระหว่างผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI และ (3) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ความแม่นยำในการจำแนก ซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของ

เครื่อง และรวมถึงการทดสอบความเที่ยงของกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 กิจกรรมที่เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น

กระบวนการพัฒนาโปรแกรมคัดกรองฯ สามารถแบ่งออกเป็น 3 ระยะ ได้แก่ (1) ระยะออกแบบกิจกรรมทดสอบและทดสอบนำร่องกับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุในชุมชน (2) ระยะเก็บข้อมูลและทดสอบความแตกต่างของพารามิเตอร์ที่ได้จากโปรแกรมคัดกรองฯ กับกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุปกติและเสี่ยง MCI จำนวนทั้งหมด 120 คน ทดสอบความตรง ความเที่ยง และความแม่นยำในการจำแนก และ (3) ระยะสร้างโปรแกรมคัดกรองทั้งในส่วนวิเคราะห์ความต้องการของโปรแกรมฯ การออกแบบโปรแกรมฯ การเขียนโปรแกรมฯ และการทดสอบโปรแกรมฯ รวมทั้งการออกแบบคู่มือการใช้ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพฤติกรรมขณะทำกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 ของโปรแกรมคัดกรองฯ พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความเสื่อมมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติในเรื่องความสามารถในการมองเห็นทั้งในเงื่อนไขทั่วไปและซับซ้อน รวมถึงตอบสนองช้ากว่าอีกด้วย ต่อมาเมื่อพิจารณาผลการทดสอบการได้ยิน พบว่าเมื่อสิ่งเร้าเสียงมีความซับซ้อน ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ตอบสนองช้ากว่าผู้สูงอายุปกติเช่นกัน สุดท้ายเมื่อพิจารณาผลการทดสอบบูรณาการพหุประสาท ซึ่งผู้สูงอายุต้องพิจารณาข้อมูลพร้อมกันทั้งภาพและเสียง ซึ่งบางครั้งปรากฏในทิศทางเดียวกัน แต่บางครั้งปรากฏในทิศทางตรงกันข้าม พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI มีความบกพร่องมากกว่าผู้สูงอายุปกติทั้งในเงื่อนไขทั่วไปและซับซ้อนระดับมาก รวมถึงความเร็วในการตอบเมื่อเทียบระหว่างสิ่งเร้าเสียงกับภาพ ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ประมวลผลสิ่งเร้าทั้งสองใช้ความเร็วแตกต่างกันมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ สุดท้ายผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้เวลาประมวลผลภาพอย่างเดียวน้อยกว่าภาพและเสียงพร้อมกันน้อยกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ ซึ่งสะท้อนถึงกระบวนการจัดสรรความใส่ใจที่จำกัดของผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งพลังงานสัมพัทธ์และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้พลังงานในการประมวลผลข้อมูลมากกว่าผู้สูงอายุกลุ่มปกติ โดยเฉพาะคลื่นไฟฟ้าความถี่สูงย่าน Beta ที่สัมพันธ์กับกระบวนการผนวกหรือบูรณาการข้อมูลพหุของสมอง ส่วนผลการวิเคราะห์ศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่แบ่งองค์ประกอบการวิเคราะห์การประมวลผลของสมองเป็นลำดับทั้งในระดับต้นและปลาย พบว่า ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ใช้พลังงานของสมอง (ความโด่ง) ต่ำกว่าผู้สูงอายุปกติในช่วงการประมวลผลตอนต้น หรือองค์ประกอบ

P200 ณ สมองส่วนหน้าฝั่งซ้าย ขวา และตรงกลาง อย่างไรก็ตามกลับไม่พบความแตกต่างของการใช้พลังงานของสมอง ณ ช่วงการประมวลผลตอนปลาย หรือองค์ประกอบ NSW

สุดท้าย ผลการวิเคราะห์ความแม่นยำในการจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มปกติและเสี่ยง MCI ด้วยขั้นตอนวิธีต่างๆ ของการเรียนรู้ของเครื่อง โดยมีข้อมูลนำเข้าทั้งในเชิงพฤติกรรม พลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์ขณะทำกิจกรรมทดสอบบูรณาการพหุประสานของโปรแกรมคัดกรองฯ ผลการวิเคราะห์พบว่า ข้อมูลพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ออกจากกลุ่มปกติได้มากที่สุด คือ 90% โดยมีค่าความไว และความจำเพาะ เท่ากับ 1.00 และ .82 ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ ข้อมูลพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งมีความแม่นยำในการจำแนกเท่ากับ 76.67% มีค่าความไว และความจำเพาะ เท่ากับ .85 และ .71 ตามลำดับ สุดท้ายได้แก่ ข้อมูลศักย์ไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ มีความแม่นยำในการจำแนกเท่ากับ 56.67% มีค่าความไว และความจำเพาะ เท่ากับ .62 และ .53 ตามลำดับ

7.2 ข้อจำกัดในการวิจัยและข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ข้อจำกัดที่ได้จากการวิจัยนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเด็น ได้แก่ ประเด็นด้านทฤษฎีหรือตัวแปร ประเด็นด้านระเบียบวิธีวิจัย และประเด็นด้านการประยุกต์โปรแกรมคัดกรองฯ ซึ่งคาดว่าจะมีประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งต่อไป

ประเด็นด้านทฤษฎีหรือตัวแปรในการวิจัยนี้ ได้แก่ การบูรณาการพหุประสาท และภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก เนื่องด้วยงานวิจัยนี้ต้องการพัฒนาโปรแกรมคัดกรองฯ ที่รวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชน ดังนั้นจึงต้องคำนึงถึงสิ่งเร้าและความซับซ้อนของกระบวนการทดสอบเป็นหลัก สิ่งเร้าภาพและเสียงที่ใช้จึงเป็นสิ่งเร้าพื้นฐาน ซึ่งเหมาะกับระดับการศึกษาและช่วงวัยของประชากรกลุ่มนี้ งานวิจัยครั้งต่อไปอาจมุ่งพัฒนาโปรแกรมคัดกรองที่เพิ่มเงื่อนไขอื่นๆ เช่น ความเร็วช้าของช่วงสิ่งเร้า (Inter-stimulus interval) หลายระดับ เพิ่มพารามิเตอร์ที่สะท้อน Omission และ Commission errors เพิ่มสิ่งเร้าที่มีความซับซ้อนมากขึ้นทั้งในประเด็นรูปทรงและสี เพื่อเพิ่มความยากในการผนวก (Binding) สิ่งเร้าที่อาจเป็นภาพแตกต่างกันหรือภาพและเสียงในความจำขณะคิดของผู้สูงอายุ

รูปแบบสิ่งเร้าที่ต้องบูรณาการ หรือประสานประสาท อาจพิจารณาเพิ่มเป็น ภาพ เสียง อารมณ์ สัมผัส หรือกลิ่นเพื่อกระตุ้นกระบวนการบูรณาการพหุประสาททั้งในระดับต้นและปลาย เช่นเดียวกับการพิจารณาใช้สิ่งเร้าเป็นภาพหรือเสียงที่ปรากฏในชีวิตประจำวันทั้งที่เป็นคน สัตว์ สิ่งของ สถานที่ ซึ่งอาจสอดคล้องกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันมากกว่าและเป็นการเพิ่มความตรงเชิงนิเวศ (Ecological validity) ให้กับโปรแกรมคัดกรองฯ รวมถึงการพิจารณาธรรมชาติของภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกเพิ่มเติม ซึ่งอาจมีประเภทย่อยอีกหลายประเภทที่ยังไม่ถูกค้นพบ รวมถึงบางประเภทอาจมีความเสี่ยงมากกว่าประเภทอื่นๆ ในการพัฒนาไปเป็นภาวะสมองเสื่อมภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว

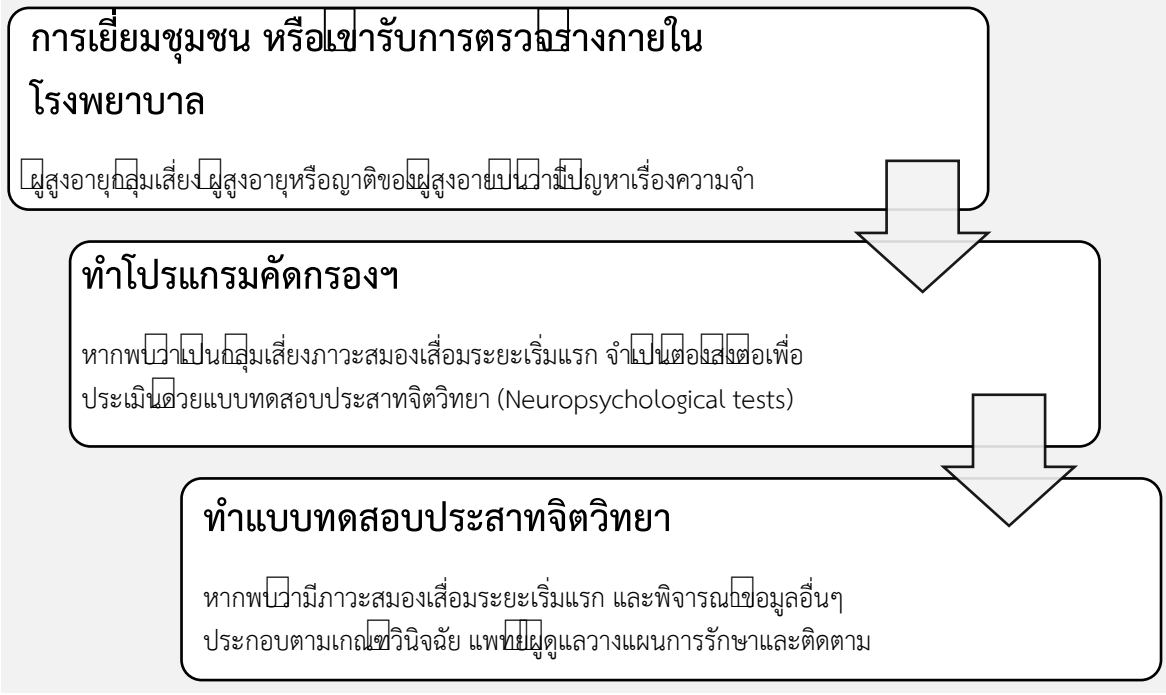
ประเด็นด้านระเบียบวิธีวิจัย ควรคำนึงถึงเกณฑ์วินิจฉัยหรือคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกที่ทันสมัย ถึงแม้งานวิจัยชิ้นนี้จะพิจารณาเกณฑ์การคัดกรองให้สอดคล้องกับ Petersen (2014) และใช้แบบวัดมาตรฐาน เช่น MMSE-2 เป็นหลักในการคัดกรอง ร่วมกับข้อมูลจากแบบประเมินอื่นๆ ประกอบทั้งแบบวัดความจำรำพัน แบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐานและที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย อย่างไรก็ตาม งานวิจัยครั้งต่อไปอาจพิจารณาใช้แบบวัดมาตรฐานอื่นที่มีความไวและความจำเพาะมากกว่า เช่น MoCA หรือ ACE-R เป็นต้น เช่นเดียวกับเกณฑ์การวิธีการวัดความตรงของโปรแกรมคัดกรองฯ อาจพิจารณาแนวทางอื่นๆ นอกเหนือจากวิธีทราบกลุ่ม Known-group validity ที่ใช้ในการวิจัยนี้ ยกตัวอย่างเช่น ความตรงเชิงทำนาย (Predictive validity) ซึ่งต้องติดตามกลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยง MCI ที่ได้คะแนนจากโปรแกรมคัดกรองฯ สูง รวมถึงความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ซึ่งต้องเทียบความสัมพันธ์กับคะแนนที่ได้จากโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นกับผลการวินิจฉัยโดยแพทย์ หรือตัวบ่งชี้ทางชีวภาพมาตรฐานอื่นๆ เช่น PET scan หรือปริมาณ Amyloid-β และ Tau โปรตีน

ประเด็นด้านการประยุกต์โปรแกรมคัดกรองฯ เนื่องด้วยโปรแกรมคัดกรองฯ ถูกสร้างให้สามารถใช้คัดกรองในเวลาอันสั้น (น้อยกว่า 15 นาที) การทำการทดสอบไม่ซับซ้อน และทราบผลการคัดกรองทันที ตัวโปรแกรมคัดกรองฯ สามารถติดตั้งได้โดยง่าย รวมถึงสามารถบันทึกข้อมูลผู้สูงอายุในฐานข้อมูลเพื่อประโยชน์ในการติดตามและในการทำวิจัยอีกด้วย อย่างไรก็ตาม โปรแกรมคัดกรองฯ นี้แตกต่างจากโปรแกรมทดสอบหรือแบบทดสอบประสาทจิตวิทยามาตรฐาน โดยเครื่องมือมาตรฐานจะมีความแม่นยำมากกว่า รวมถึงมีค่าดัชนีหรือพารามิเตอร์ที่ชัดเจนกว่า ดังนั้นจึงควรใช้โปรแกรมคัดกรองฯ นี้ด้วยความระมัดระวังและอาจใช้ร่วมกับแบบทดสอบประสาทจิตวิทยามาตรฐานเพื่อวางแผนการรักษา และติดตามอาการ

7.3 ข้อเสนอแนะในการนำโปรแกรมคัดกรองฯ ไปใช้ในชุมชนและสถานพยาบาล

ประโยชน์ที่ชัดเจนของโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ 1) ความใหม่ของหลักการในการสร้างที่มุ่งประเมินความเสื่อมหรือบกพร่องในกระบวนการรับรู้ของผู้สูงอายุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการรับรู้แบบบูรณการพหุประสาทที่เกี่ยวข้องกับการฟังและการได้ยิน 2) ความเป็นมาตรฐานในกระบวนการทดสอบ และการแปลผลโปรแกรมคัดกรองฯ ซึ่งทำให้นักวิจัยหรือผู้นำไปใช้งานควบคุมเวลาในการทดสอบและได้ผลการทดสอบที่แม่นยำ ลดความคลาดเคลื่อนทั้งขณะทำการทดสอบและการแปลผลการทดสอบ 3) ระยะเวลาในการทดสอบสั้น เพียง 10 นาที ซึ่งนักวิจัยหรือผู้นำไปใช้ไม่จำเป็นต้องผ่านการอบรม เพียงศึกษาคู่มือการใช้และการติดตั้งก็เพียงพอ เนื่องจากโปรแกรมคัดกรองที่พัฒนาขึ้น ถูกออกแบบมาให้ใช้ง่ายและมีมาตรฐานทั้งเรื่องความตรงและความเที่ยงของคะแนนที่ได้จากการคัดกรอง 4) ขั้นตอนวิธี (Algorithms) ที่ใช้ในการวิเคราะห์และแปลผลมีความแม่นยำสูงกว่ารูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลแบบเดิมที่มีความสอดคล้องกับข้อมูลน้อยกว่า 5) ความสอดคล้องกับระดับการศึกษาของผู้สูงอายุไทย โปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้น ประกอบไปด้วยสิ่งเร้าพื้นฐานทั้งเสียงและภาพ ดังนั้นจึงเหมาะกับการทดสอบในผู้สูงอายุไทยที่มีระดับการศึกษาต่ำ 6) มีความไวและความเฉพาะเจาะจงสูง เหมาะสำหรับนำมาใช้ในการคัดกรองผู้สูงอายุที่มีภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกทั้งแบบที่มีความเสื่อมเด่นความจำ (Amnestic MCI) และไม่เด่นความจำ (Non-amnestic MCI)

แนวทางในการใช้โปรแกรมคัดกรองฯ ในผู้สูงอายุในชุมชน นักวิจัยหรือนักวิชาชีพที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพจิต สามารถนำโปรแกรมคัดกรองฯ ที่พัฒนาขึ้นนี้ไปใช้โดยการติดตั้งลงในคอมพิวเตอร์แบบพกพาหรือตั้งโต๊ะ อย่างไรก็ตาม ก่อนการใช้ควรมีการคัดกรองการมองเห็น การได้ยิน ภาวะซึมเศร้า รวมถึงประเมินกิจวัตรประจำวัน เพื่อเป็นข้อมูลประกอบในการตรวจวินิจฉัย ผลการคัดกรองที่ได้อาจพิจารณาดำเนินการดัง**แผนภาพ 7.1**



แผนภาพ 7.1 แนวทางการใช้โปรแกรมคัดกรองฯ ในชุมชนและสถานพยาบาล

บรรณานุกรม (Bibliography)

กลุ่มฟื้นฟูสมรรถภาพสมอง. (2537). แบบวัดความเศร้าในผู้สูงอายุของไทย. *สารศิริราช, 46*(1), 1-9.

ก้องเกียรติ กูณฑ์กันทรากร. (2561). ภาวะสมองเสื่อมและโรคอัลไซเมอร์. *ธรรมศาสตร์เวชสาร, 18*(3),442-468.

จงเจษฎ์ ยั้งสกุล. (2545). แบบทดสอบสภาพสมองของคนไทยสำหรับบุคคลที่อ่านภาษาไทยไม่ได้. *สารศิริราช, 54*(2), 96-107.

ณัฐินี ณ เชียงใหม่ และพีร วงศ์อุปราช. (2563). เครื่องมือคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุชาวไทย: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ. *วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย, 28*(3), 252-65.

พิชญา กุศลารักษ์ และดาวชมพู นาคะวิโร. (2555). การศึกษาความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ Mini-Cog ในผู้ป่วยโรคสมองเสื่อมชาวไทย. *รามาธิบดีเวชสาร, 35*, 264-271.

มุกดา หนุ่ยศรี. (2559). การป้องกันภาวะสมองเสื่อม. *วารสารพยาบาลตำรวจ, 8*(1), 227-240.

มูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (มส.ผส.). (2564). *สถานการณ์ผู้สูงอายุไทย พ.ศ. 2563*. นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากร และสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล

ลลิตา พนาคร, สุธรรม นันทมงคลชัย, ศุภชัย ปิติกุลตัง, โชคชัย หมั่นแสวงทรัพย์ และพิมพ์สุรางค์ เตชะบุญเสริมศักดิ์. (2558). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุหญิงจังหวัดลำพูน. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 45*(2), 197-209.

วรพรรณ เสนาณรงค์, นบวรรณ ศิวะศริยานนท์, สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล และนิพนธ์ พวงวรินทร์. (2541). การศึกษาเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแบบทดสอบ Thai Mini-Mental State Examination และ Chula Mental Test. *สารศิริราช, 50*(6).

วรพรรณ เสนาณรงค์. (2559). *รู้ทันสมองเสื่อม*. กรุงเทพฯ: อมรินทร์เฮลท์.

ศรนรินทร์ กาญจนะโนพินิจ, สุวิทย์ เจริญศักดิ์, และ ฐิตวี แก้วพรสวรรค์. (2557). การศึกษาคุณสมบัติการวัดของแบบคัดกรอง Cognistat ฉบับภาษาไทย. *วารสารสมาคมจิตแพทย์แห่งประเทศไทย, 59*, 409-18.

ศิรินทิพย์ คำฟู, กฤษณพนธ์ ชัยมงคล, ชินลิกา ไชยชมภู และเพ็ญพิชชา แก้วมุณีวงศ์. (2557). การคัดกรองภาวะสมองเสื่อมและภาระในการดูแลตนเองในผู้สูงอายุ อ.แม่จัน จ.เชียงราย. *ศรีนครินทร์เวชสาร, 29*(4), 389-393.

สถาบันประสาทวิทยา กรมการแพทย์. (2557). *แนวทางเวชปฏิบัติภาวะสมองเสื่อม.* กรุงเทพฯ: บริษัท ธนาเพรส จำกัด.

สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ กรมการแพทย์. (2542). แบบทดสอบสภาพสมองเสื่อมเบื้องต้นฉบับภาษาไทย (MMSE-Thai) 2002. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข.

สมศรี กิตติพงศ์พิศาล. (2558). การพัฒนาแบบทดสอบการเรียนรู้รายการคำศัพท์ฉบับภาษาไทย. *วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย, 23*, 91-101.

สายสุนีย์ เลิศกระโทก, สุธรรม นันทมงคลชัย และศุภชัย ปิติกุลตัง. (2556). ความชุกของภาวะสมองเสื่อมและปัจจัยที่สัมพันธ์กับภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุ ตำบลอรพิมพ์ อำเภอครบุรี จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารสาธารณสุขศาสตร์, 43*(1), 42-54.

สุขเจริญ ตั้งวงษ์ไชย, โสฬพัทธ์ เหมรัญช์โรจน์, ยุทธชัย ลิขิตเจริญ, พวงสร้อย วรกุล, สุภัทรพร เทพมงคล, ชาวิท ตันวีระชัยสกุล. (2558). *โครงการวิจัยพัฒนาแบบประเมิน CERAD เพื่อการวินิจฉัยและลงทะเบียนผู้ป่วยอัลไซเมอร์ไทย*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิชัย จิตะพันธ์กุล. (2537). ภาวะทุพพลภาพ: ปัญหาของผู้สูงอายุ. *จุฬาลงกรณ์เวชสาร, 38*(2), 67-75

อรวรรณ์ คูหา, จิตนภา วาชวโรตม์, บูริณี บุญมีพิพิธ, นันทศักดิ์ ธรรมานวัตร์. (2551). *โครงการการประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์: การเปรียบเทียบความสัมพันธ์แบบทดสอบสภาพสมองเสื่อมเบื้องต้น ฉบับภาษาไทย (MMSE-Thai) 2002 และแบบทดสอบสมรรถภาพสมองไทย (Thai Mini-Mental State Examination: TMSE) ในการคัดกรองผู้สูงอายุภาวะสมองเสื่อม*. นนทบุรี: สถาบันเวชศาสตร์ผู้สูงอายุ.

อรวรรณ ศิลปกิจ, ปริทรรศ ศิลปกิจ, สมศรี กิตติพงศ์พิศาล, รสสุคนธ์ ชมชื่น. (2560). ความตรงของ Brief Community Screening Instrument for Dementia (CSI-D) ฉบับภาษาไทย. *วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย, 25*(1), 32-46

อาทิตยา สุวรรณ์ และสุทธิศรี ตระกูลสิทธิโชค. (2559). ผลของโปรแกรมการกระตุ้นการรู้คิดต่อความสามารถในการรู้คิด และความสามารถในการทำกิจวัตรประจำวัน ในผู้สูงอายุที่เสี่ยงหรือมีภาวะสมองเสื่อม. *วารสารพยาบาลสภากาชาดไทย, 9*(2), 145-158.

Ahern, S., Cronin, J., Woods, N., Brady, N. M., O'Regan, N. A., Trawley, S., & Timmons, S. (2019). Dementia in older people admitted to hospital: An analysis of length of stay and associated costs. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 34*(1), 137-143. doi:doi:10.1002/gps.5001

Alichniewicz, K. K., Brunner, F., Klünemann, H. H., & Greenlee, M. W. (2012). Structural and functional neural correlates of visuospatial information processing in normal aging and amnestic mild cognitive impairment. *Neurobiology of Aging, 33*(12), 2782-2797. doi:https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2012.02.010

Ally, B. A., Jones, G. E., Cole, J. A., & Budson, A. E. (2007). Sensory Gating in Patients With Alzheimer's Disease and Their Biological Children. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®, 21*(6), 439-447. doi:10.1177/1533317506292282

Alvarado, J. C., Stanford, T. R., Rowland, B. A., Vaughan, J. W., & Stein, B. E. (2009). Multisensory Integration in the Superior Colliculus Requires Synergy among Corticocollicular Inputs. *The Journal of Neuroscience, 29*(20), 6580-6592. doi:10.1523/jneurosci.0525-09.2009

Alzheimer's Impact Movement. (2018). National Tracking Poll. Available at https://alzimpact.org/media/serve/id/5ad7aa1e4f09a. Accessed May 31, 2021.

Apostolova, L. G., & Cummings, J. L. (2008). Neuropsychiatric Manifestations in Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review of the Literature. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 25*(2), 115-126. doi:10.1159/000112509

Apostolova, L. G., Dutton, R. A., Dinov, I. D., Hayashi, K. M., Toga, A. W., Cummings, J. L., & Thompson, P. M. (2006). Conversion of Mild Cognitive Impairment to Alzheimer Disease Predicted by Hippocampal Atrophy Maps. *Archives of Neurology, 63*(5), 693-699. doi:10.1001/archneur.63.5.693

Arnáiz, E., & Almkvist, O. (2003). Neuropsychological features of mild cognitive impairment and preclinical Alzheimer's disease. *Acta Neurologica Scandinavica, 107*(s179), 34-41. doi:10.1034/j.1600-0404.107.s179.7.x

Arranz, A. M., & De Strooper, B. (2019). The role of astroglia in Alzheimer's disease: pathophysiology and clinical implications. *The Lancet Neurology*. doi:10.1016/S1474-4422(18)30490-3

Artero, S., & Ritchie, K. (2003). The detection of mild cognitive impairment in the general practice setting. *Aging & Mental Health, 7*(4), 251-258. doi:10.1080/1360786031000120741

Artero, S., Petersen, R., Touchon, J., & Ritchie, K. (2006). Revised Criteria for Mild Cognitive Impairment: Validation within a Longitudinal Population Study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 22*(5-6), 465-470. doi:10.1159/000096287

Asgari, M., Kaye, J., & Dodge, H. (2017). Predicting mild cognitive impairment from spontaneous spoken utterances. *Alzheimer's & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions, 3*(2), 219-228. https://doi.org/10.1016/j.trci.2017.01.006

Aurtenetxe, S., García-Pacios, J., del Río, D., López, M. E., Pineda-Pardo, J. A., Marcos, A., . . . Maestú, F. (2016). Interference Impacts Working Memory in Mild Cognitive Impairment. *Frontiers in Neuroscience, 10*(443). doi:10.3389/fnins.2016.00443

Babacan-Yildiz, G., Isik, A. T., Ur, E., Aydemir, E., Ertas, C., Cebi, M., . . . Celebi, A. (2013). COST: Cognitive State Test, a brief screening battery for Alzheimer disease in illiterate and literate patients. *International Psychogeriatrics, 25*(3), 403-412. doi:10.1017/S1041610212001780

Babiloni, C., Benussi, L., Binetti, G., Cassetta, E., Dal Forno, G., Del Percio, C., . . . Rossini, P. M. (2006). Apolipoprotein E and alpha brain rhythms in mild cognitive impairment: A multicentric Electroencephalogram study. *Annals of Neurology, 59*(2), 323-334. doi:doi:10.1002/ana.20724

Baddeley, A. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2

Bae, J. B., Han, J. W., Kwak, K. P., Kim, B. J., Kim, S. G., Kim, J. L., . . . Kim, K. W. (2019). Is Dementia More Fatal Than Previously Estimated? A Population-based Prospective Cohort Study. *Aging and Disease, 10*(1), 1-11. doi:10.14336/AD.2018.0123

Bai, F., Zhang, Z., Watson, D. R., Yu, H., Shi, Y., Yuan, Y., . . . Qian, Y. (2009). Abnormal Functional Connectivity of Hippocampus During Episodic Memory Retrieval Processing Network in Amnestic Mild Cognitive Impairment. *Biological Psychiatry, 65*(11), 951-958. https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2008.10.017

Baiyewu, O., Unverzagt, F. W., Lane, K. A., Gureje, O. Y. E., Ogunniyi, A., Musick, B., . . . Hendrie, H. C. (2005). The Stick Design test: A new measure of visuoconstructional ability. *Journal of the International Neuropsychological Society, 11*(5), 598-605. doi:10.1017/S135561770505071X

Baker, M. A., K., & Schiffer, R. O. B., M. W. (2008). EEG Patterns in Mild Cognitive Impairment (MCI) Patients. *The Open Neuroimaging journal, 2*, 52-55. doi:10.2174/1874440000802010052

Banning, L. C. P., Ramakers, I. H. G. B., Deckers, K., Verhey, F. R. J., & Aalten, P. (2019). Apolipoprotein E and affective symptoms in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease dementia: A systematic review and meta- analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 96*, 302-315. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.11.020

Başar-Eroglu, C., Strüber, D., Schürmann, M., Stadler, M., & Başar, E. (1996). Gamma-band responses in the brain: a short review of psychophysiological correlates and functional significance. *International Journal of Psychophysiology, 24*(1), 101-112. https://doi.org/10.1016/S0167-8760(96)00051-7

Belle, S. H., Mendelsohn, A. B., Seaberg, E. C., & Ratcliff, G. (2000). A Brief Cognitive Screening Battery for Dementia in the Community. *Neuroepidemiology, 19*(1), 43-50. doi:10.1159/000026236

Bennett, D. A., Schneider, J. A., Bienias, J. L., Evans, D. A., & Wilson, R. S. (2005). Mild cognitive impairment is related to Alzheimer disease pathology and cerebral infarctions. *Neurology, 64*(5), 834-841. doi:10.1212/01.Wnl.0000152982.47274.9e

Bennett, D. A., Wilson, R. S., Schneider, J. A., Evans, D. A., Beckett, L. A., Aggarwal, N. T., . . . Bach, J. (2002). Natural history of mild cognitive impairment in older persons. *Neurology, 59*(2), 198-205. doi:10.1212/wnl.59.2.198

Bennys, K., Rondouin, G., Benattar, E., Gabelle, A., & Touchon, J. (2011). Can Event-Related Potential Predict the Progression of Mild Cognitive Impairment? *Journal of Clinical Neurophysiology, 28*(6), 625-632. doi:10.1097/WNP.0b013e31823cc2d3

Bian, Z., Li, Q., Wang, L., Lu, C., Yin, S., & Li, X. (2014). Relative power and coherence of EEG series are related to amnestic mild cognitive impairment in diabetes. *Frontiers in aging neuroscience, 6*(11). doi:10.3389/fnagi.2014.00011

Bidelman, G. M., Lowther, J. E., Tak, S. H., & Alain, C. (2017). Mild Cognitive Impairment Is Characterized by Deficient Brainstem and Cortical Representations of Speech.

The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, 37(13), 3610-3620. doi:10.1523/JNEUROSCI.3700-16.2017

Borson, S., Scanlan, J., Brush, M., Vitaliano, P., & Dokmak, A. (2000). The Mini-Cog: a cognitive 'vital signs' measure for dementia screening in multi-lingual elderly. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 15*(11) , 1021- 1027. doi:10.1002/1099-1166(200011)15:11<1021::AID-GPS234>3.0.CO;2-6

Brandt, J. (1991). The hopkins verbal learning test: Development of a new memory test with six equivalent forms. *Clinical Neuropsychologist, 5*(2) , 125- 142. doi:10.1080/13854049108403297

Brandt, J., Aretouli, E., Neijstrom, E., Samek, J., Manning, K., Albert, M. S., & Bandeen-Roche, K. (2009). Selectivity of executive function deficits in mild cognitive impairment. *Neuropsychology, 23*(5), 607-618. doi:10.1037/a0015851

Brandt, J., Aretouli, E., Neijstrom, E., Samek, J., Manning, K., Albert, M. S., & Bandeen-Roche, K. (2009). Selectivity of executive function deficits in mild cognitive impairment. *Neuropsychology, 23*(5), 607-618. doi:10.1037/a0015851

Brodaty, H., Pond, D., Kemp, N. M., Luscombe, G., Harding, L., Berman, K., & Huppert, F. A. (2002). The GPCOG: A New Screening Test for Dementia Designed for General Practice. *Journal of the American Geriatrics Society, 50*(3) , 530- 534. doi:10.1046/j.1532-5415.2002.50122.x

Bruno, D., & Schurmann Vignaga, S. (2019). Addenbrooke's cognitive examination III in the diagnosis of dementia: a critical review. *Neuropsychiatric disease and treatment*, *15*, 441–447. https://doi.org/10.2147/NDT.S151253

Buschke, H., Kuslansky, G., Katz, M., Stewart, W. F., Sliwinski, M. J., Eckholdt, H. M., & Lipton, R. B. (1999). Screening for dementia with the Memory Impairment Screen. *Neurology, 52*(2), 231-231. doi:10.1212/wnl.52.2.231

Callahan, C. M., Unverzagt, F. W., Hui, S. L., Perkins, A. J., & Hendrie, H. C. (2002). Six-item screener to identify cognitive impairment among potential subjects for clinical research. *Medical care, 40*(9), 771-781.

Carnero-Pardo, C., Espejo-Martinez, B., Lopez-Alcalde, S., Espinosa-Garcia, M., Saez-Zea, C., Vilchez-Carrillo, R., . . . Navarro-Espigares, J. L. (2011). Effectiveness and costs of phototest in dementia and cognitive impairment screening. *BMC neurology, 11*, 92-92. doi:10.1186/1471-2377-11-92

Carnero-Pardo, C., Espejo-Martínez, B., López-Alcalde, S., Espinosa-García, M., Sáez-Zea, C., Hernández-Torres, E., . . . Vílchez-Carrillo, R. (2011). Diagnostic accuracy, effectiveness and cost for cognitive impairment and dementia screening of three short cognitive tests applicable to illiterates. *PloS one, 6*(11), e27069-e27069. doi:10.1371/journal.pone.0027069

Carnero-Pardo, C., Sáez-Zea, C., Montiel-Navarro, L., Feria-Vilar, I., & Gurpegui, M. (2011). Normative and reliability study of Fototest. *Neurologia (Barcelona, Spain), 26*(1), 20-25. doi:10.1016/j.nrl.2010.09.021

Cecato, J. F., Melo, B. A. R., Moraes, G. C., Martinelli, J. E., & Montiel, J. M. (2018). Accuracy of praxis test from Cambridge Cognitive Examination (CAMCOG) for Alzheimer's disease: a cross-sectional study. *Sao Paulo Med J, 136*(5), 390-397. doi:10.1590/1516-3180.2018.0022170418

Chandra, A., Dervenoulas, G., Politis, M., & Initiative, f. t. A. s. D. N. (2018). Magnetic resonance imaging in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Journal of Neurology*. doi:10.1007/s00415-018-9016-3

Charernboon T. (2019). Diagnostic accuracy of the Thai version of the Mini-Addenbrooke's Cognitive Examination as a mild cognitive impairment and dementia screening test. *Psychogeriatrics : the official journal of the Japanese Psychogeriatric Society*, *19*(4), 340–344. https://doi.org/10.1111/psyg.12417

Charernboon, T., Jaisin, K., & Lerthattasilp, T. (2016). The Thai Version of the Addenbrooke's Cognitive Examination III. *Psychiatry investigation*, *13*(5), 571–573. https://doi.org/10.4306/p i.2016.13.5.571

Chen, C.-C., Hsu, C.-Y., Chiu, H.-W., Hu, C.-J., & Lee, T.-C. (2015). Frequency power and coherence of electroencephalography are correlated with the severity of Alzheimer's disease: A multicenter analysis in Taiwan. *Journal of the Formosan Medical Association, 114*(8), 729-735. https://doi.org/10.1016/j.jfma.2013.07.008

Choi, H.-S., Choe, J. Y., Kim, H., Han, J. W., Chi, Y. K., Kim, K., . . . Kim, K. W. (2018). Deep learning based low-cost high-accuracy diagnostic framework for dementia using comprehensive neuropsychological assessment profiles. *BMC Geriatrics, 18*(1), 234. doi:10.1186/s12877-018-0915-z

Choi, S. H., Shim, Y. S., Ryu, S.-H., Ryu, H. J., Lee, D. W., Lee, J.-Y., . . . Han, S.-H. (2011). Validation of the Literacy Independent Cognitive Assessment. *International Psychogeriatrics, 23*(4), 593-601. doi:10.1017/S1041610210001626

Chou, C.-T., Liao, Y.-C., Lee, W.-J., Wang, S.-J., & Fuh, J.-L. (2016). SORL1 gene, plasma biomarkers, and the risk of Alzheimer's disease for the Han Chinese population in Taiwan. *Alzheimer's Research & Therapy, 8*(1), 53. doi:10.1186/s13195-016-0222-x

Ciarmiello, A., Tartaglione, A., Giovannini, E., Riondato, M., Giovacchini, G., Ferrando, O., . . . Mansi, L. (2019). Amyloid burden identifies neuropsychological phenotypes at increased risk of progression to Alzheimer's disease in mild cognitive impairment patients. *European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging, 46*(2), 288-296. doi:10.1007/s00259-018-4149-2

Clément, F., Gauthier, S., & Belleville, S. (2013). Executive functions in mild cognitive impairment: Emergence and breakdown of neural plasticity. *Cortex, 49*(5), 1268-1279. https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.06.004

Coen, R. F., Robertson, D. A., Kenny, R. A., & King-Kallimanis, B. L. (2016). Strengths and Limitations of the MoCA for Assessing Cognitive Functioning: Findings From a Large Representative Sample of Irish Older Adults. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology, 29*(1), 18-24. doi:10.1177/0891988715598236

Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. New York, NY: Routledge Academic.

Cooper, C., Sommerlad, A., Lyketsos, C. G., & Livingston, G. (2015). Modifiable predictors of dementia in mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *Am J Psychiatry, 172*(4), 323-334. doi:10.1176/appi.ajp.2014.14070878

Csukly, G., Sirály, E., Fodor, Z., Horváth, A., Salacz, P., Hidasi, Z., . . . Szabó, Á. (2016). The Differentiation of Amnestic Type MCI from the Non-Amnestic Types by Structural MRI. *Frontiers in aging neuroscience, 8*, 52-52. doi:10.3389/fnagi.2016.00052

Cullen, B., O'Neill, B., Evans, J. J., Coen, R. F., & Lawlor, B. A. (2007). A review of screening tests for cognitive impairment. *Journal of neurology, neurosurgery, and psychiatry, 78*(8), 790-799. doi:10.1136/jnnp.2006.095414

Dannhauser, T. M., Walker, Z., Stevens, T., Lee, L., Seal, M., & Shergill, S. S. (2005). The functional anatomy of divided attention in amnestic mild cognitive impairment. *Brain, 128*(6), 1418-1427. doi:10.1093/brain/awh413

Davidson, M. (2014). Known-Groups Validity. In A. C. Michalos (Ed.), *Encyclopedia of Quality of Life and Well-Being Research* (pp. 3481-3482). Dordrecht: Springer Netherlands.

Delorme, A., & Makeig, S. (2004). EEGLAB: an open source toolbox for analysis of single-trial EEG dynamics including independent component analysis. *Journal of Neuroscience Methods, 134*(1), 9-21. https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2003.10.009

Deng, J.-H., Huang, K.-Y., Hu, X.-X., Huang, X.-W., Tang, X.-Y., Wei, X., . . . Lu, G.-D. (2019). Midlife Long-Hour Working and Later-life Social Engagement Are Associated with Reduced Risks of Mild Cognitive Impairment among Community-Living Singapore Elderly. *Journal of Alzheimer's Disease, 67*, 1067-1077. doi:10.3233/JAD-180605

Deng, Y., Zhao, S., Cheng, G., Yang, J., Li, B., Xu, K., . . . Rong, S. (2021). The Prevalence of Mild Cognitive Impairment among Chinese People: A Meta-Analysis. *Neuroepidemiology, 55*(2), 79-91. doi:10.1159/000512597

Devanand, D. P., Pelton, G. H., Zamora, D., Liu, X., Tabert, M. H., Goodkind, M., . . . Mayeux, R. (2005). Predictive Utility of Apolipoprotein E Genotype for Alzheimer Disease in Outpatients With Mild Cognitive Impairment. *Archives of Neurology, 62*(6), 975-980. doi:10.1001/archneur.62.6.975

Drachman, D. A., Swearer, J. M., Kane, K., Osgood, D., O'Toole, C., & Moonis, M. (1996). The Cognitive Assessment Screening Test (CAST) for Dementia. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology, 9*(4), 200-208. doi:10.1177/089198879600900407

Dubois, B., Villain, N., Frisoni, G. B., Rabinovici, G. D., Sabbagh, M., Cappa, S., . . . Feldman, H. H. (2021). Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: recommendations of the International Working Group. *The Lancet Neurology, 20*(6), 484-496. https://doi.org/10.1016/S1474-4422(21)00066-1

Dudas, R. B., Clague, F., Thompson, S. A., Graham, K. S., & Hodges, J. R. (2005). Episodic and semantic memory in mild cognitive impairment. *Neuropsychologia, 43*(9), 1266-1276. doi:https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.005

Dudas, R. B., Clague, F., Thompson, S. A., Graham, K. S., & Hodges, J. R. (2005). Episodic and semantic memory in mild cognitive impairment. *Neuropsychologia, 43*(9), 1266-1276. doi:https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2004.12.005

Dwyer, D. B., Falkai, P., & Koutsouleris, N. (2018). Machine Learning Approaches for Clinical Psychology and Psychiatry. *Annual Review of Clinical Psychology, 14*(1), 91-118. doi:10.1146/annurev-clinpsy-032816-045037

Emrani, S., Libon, D. J., Lamar, M., Price, C. C., Jefferson, A. L., Gifford, K. A., . . . Epidemiological Neuropsychological Data, A. (2018). Assessing Working Memory in Mild Cognitive Impairment with Serial Order Recall. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 61*(3), 917-928. doi:10.3233/JAD-170555

Engel-Yeger, B., & Rosenblum, S. (2021). Executive dysfunctions mediate between altered sensory processing and daily activity performance in older adults. *BMC Geriatrics, 21*(1), 132. doi:10.1186/s12877-021-02032-0

Eriksson, J., Vogel, E. K., Lansner, A., Bergström, F., & Nyberg, L. (2015). Neurocognitive Architecture of Working Memory. *Neuron, 88*(1), 33-46. doi:10.1016/j.neuron.2015.09.020

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A.-G., & Buchner, A. (2007). G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods, 39*(2), 175-191. doi:10.3758/BF03193146

Fauzan, N., & Amran, N. H. (2015). Brain Dynamics of Mild Cognitive Impairment (MCI) from EEG Features. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 165*, 284-290. doi:https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.633

Feldman, R., & Newman, J. (2013, Spring). Copyright at the Bedside: Should We Stop the Spread? *Stanford technology law review : STLR : an online high-technology law journal from Stanford Law School, 16*(3), 623-655.

Festa, E. K., Katz, A. P., Ott, B. R., Tremont, G., & Heindel, W. C. (2017). Dissociable Effects of Aging and Mild Cognitive Impairment on Bottom-Up Audiovisual Integration. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 59*(1), 155-167. doi:10.3233/jad-161062

Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). “Mini-mental state”: A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research, 12*(3), 189-198. https://doi.org/10.1016/0022-3956(75)90026-6

Fong, R. C., Scheirer, W. J., & Cox, D. D. (2018). Using human brain activity to guide machine learning. *Scientific Reports, 8*(1), 5397. doi:10.1038/s41598-018-23618-6

Fox, C., Lafortune, L., Boustani, M., & Brayne, C. (2013). The pros and cons of early diagnosis in dementia. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners, 63*(612), e510-e512. doi:10.3399/bjgp13X669374

Freiherr, J., Lundström, J., Habel, U., & Reetz, K. (2013). Multisensory integration mechanisms during aging. *Frontiers in human neuroscience, 7*(863). doi:10.3389/fnhum.2013.00863

Freunberger, R., Klimesch, W., Doppelmayr, M., & Höller, Y. (2007). Visual P2 component is related to theta phase-locking. *Neuroscience Letters, 426*(3), 181-186. https://doi.org/10.1016/j.neulet.2007.08.062

Froehlich, T. E., Robison, J. T., & Inouye, S. K. (1998). Screening for Dementia in the Outpatient Setting: The Time and Change Test. *Journal of the American Geriatrics Society, 46*(12), 1506-1511. doi:10.1111/j.1532-5415.1998.tb01534.x

Gabryelewicz, T., Styczynska, M., Luczywek, E., Barczak, A., Pfeffer, A., Androsiuk, W., . . . Barcikowska, M. (2007). The rate of conversion of mild cognitive impairment to dementia: predictive role of depression. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 22*(6), 563-567. doi:10.1002/gps.1716

Gagnon, L. G., & Belleville, S. (2011). Working memory in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: Contribution of forgetting and predictive value of complex span tasks. *Neuropsychology, 25*(2), 226-236. doi:10.1037/a0020919

Gallagher, D., Fischer, C. E., & Iaboni, A. (2017). Neuropsychiatric Symptoms in Mild Cognitive Impairment: An Update on Prevalence, Mechanisms, and Clinical Significance. *The Canadian Journal of Psychiatry, 62*(3), 161-169. doi:10.1177/0706743716648296

Gallagher, M., & Koh, M. T. (2011). Episodic memory on the path to Alzheimer's disease. *Current opinion in neurobiology, 21*(6), 929-934. doi:10.1016/j.conb.2011.10.021

Gauthier, S., Reisberg, B., Zaudig, M., Petersen, R. C., Ritchie, K., Broich, K., . . . Winblad, B. (2006). Mild cognitive impairment. *The Lancet, 367*(9518), 1262-1270. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(06)68542-5

Geda, Y. E., Roberts, R. O., Knopman, D. S., Christianson, T. J. H., Pankratz, V. S., Ivnik, R. J., . . . Rocca, W. A. (2010). Physical Exercise, Aging, and Mild Cognitive Impairment: A Population-Based Study. *Archives of Neurology, 67*(1), 80-86. doi:10.1001/archneurol.2009.297

Giannakopoulos, P., Missonnier, P., Gold, G., & Michon, A. (2009). *Electrophysiological Markers of Rapid Cognitive Decline in Mild Cognitive Impairment* (P. Giannakopoulos Ed. Vol. 24): Basel, Karger.

Goodman, M. S., Kumar, S., Zomorrodi, R., Ghazala, Z., Cheam, A. S. M., Barr, M. S., . . . Rajji, T. K. (2018). Theta-Gamma Coupling and Working Memory in Alzheimer's Dementia and Mild Cognitive Impairment. *Frontiers in aging neuroscience, 10*(101). doi:10.3389/fnagi.2018.00101

Grober, E., Buschke, H., Crystal, H., Bang, S., & Dresner, R. (1988). Screening for dementia by memory testing. *Neurology, 38*(6), 900-900. doi:10.1212/wnl.38.6.900

Grober, E., Sanders, A. E., Hall, C., & Lipton, R. B. (2010). Free and cued selective reminding identifies very mild dementia in primary care. *Alzheimer disease and associated disorders, 24*(3), 284-290. doi:10.1097/WAD.0b013e3181cfc78b

Grunwald, M., Hensel, A., Wolf, H., Weiss, T., & Gertz, H.-J. (2007). Does the Hippocampal Atrophy Correlate With the Cortical Theta Power in Elderly Subjects With a Range of Cognitive Impairment? *Journal of Clinical Neurophysiology, 24*(1), 22-26. doi:10.1097/WNP.0b013e31802ed5b2

Guarino, A., Forte, G., Giovannoli, J., & Casagrande, M. (2020). Executive functions in the elderly with mild cognitive impairment: a systematic review on motor and cognitive inhibition, conflict control and cognitive flexibility. *Aging & Mental Health, 24*(7), 1028-1045. doi:10.1080/13607863.2019.1584785

Gupta, V. B., Doecke, J. D., Hone, E., Pedrini, S., Laws, S. M., Thambisetty, M., . . . Martins, R. N. (2016). Plasma apolipoprotein J as a potential biomarker for Alzheimer's disease: Australian Imaging, Biomarkers and Lifestyle study of aging. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring, 3*, 18-26. doi:https://doi.org/10.1016/j.dadm.2015.12.001

Häggström, J., Rosenhall, U., Hederstierna, C., Östberg, P., & Idrizbegovic, E. (2018). A Longitudinal Study of Peripheral and Central Auditory Function in Alzheimer's Disease and in Mild Cognitive Impairment. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra, 8*(3), 393-401. doi:10.1159/000493340

Hall, K. S., Gao, S., Emsley, C. L., Ogunniyi, A. O., Morgan, O., & Hendrie, H. C. (2000). Community screening interview for dementia (CSI 'D'); performance in five disparate study sites. *International journal of geriatric psychiatry*, *15*(6), 521–531. https://doi.org/10.1002/1 099-1166(200006)15:6<521::aid-gps182>3.0.co;2-f

Han, J. W., Kim, T. H., Kwak, K. P., Kim, K., Kim, B. J., Kim, S. G., . . . Kim, K. W. (2018). Overview of the Korean Longitudinal Study on Cognitive Aging and Dementia. *Psychiatry investigation, 15*(8), 767-774. doi:10.30773/pi.2018.06.02

Harrison, J. K., Fearon, P., Noel-Storr, A. H., McShane, R., Stott, D. J., & Quinn, T. J. (2015). Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) for the diagnosis of dementia within a secondary care setting. *The Cochrane*

database of systematic reviews, (3), CD010772. https://doi.org/10.1002/14651858.CD010772.pub2

Health Quality, O. (2013). Vitamin B12 and cognitive function: an evidence-based analysis. *Ontario health technology assessment series, 13*(23), 1-45.

Hemrungrojn, S et al. (2009). *The cognitive domains from Thai-Montreal cognitive assessment test to discriminate between amnestic MCI and mild AD from normal aging*. Presented at the International Psychogeriatric Association Conference, Montreal, Quebec, Canada.

Hemrungrojn, S. Montreal Cognitive Assessment (MoCA) Thai version 2007 [Internet].2011 [cited 2016 Feb 19] Available from: http:// www.mocatest.org/ pdf_files/test/MoCATest-Thai.pdf

Hirst, R. J., McGovern, D. P., Setti, A., Shams, L., & Newell, F. N. (2020). What you see is what you hear: Twenty years of research using the Sound-Induced Flash Illusion. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 118*, 759-774. https://doi.org/10 .1016/j.neubiorev.2020.09.006

Hirst, R. J., Whelan, R., Boyle, R., Setti, A., Knight, S., O'Connor, J., . . . Newell, F. N. (2021). Gray matter volume in the right angular gyrus is associated with differential patterns of multisensory integration with aging. *Neurobiology of Aging, 100*, 83-90. https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2020.12.004

Hodkinson, H. M. (1972). EVALUATION OF A MENTAL TEST SCORE FOR ASSESSMENT OF MENTAL IMPAIRMENT IN THE ELDERLY. *Age and Ageing, 1*(4), 233-238. doi:10. 1093/ageing/1.4.233

Hornix, B. E., Havekes, R., & Kas, M. J. H. (2018). Multisensory cortical processing and dysfunction across the neuropsychiatric spectrum. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.02.010

Hu, M., Yin, H., Shu, X., Jia, Y., Leng, M., & Chen, L. (2019). Multi-angles of smoking and mild cognitive impairment: is the association mediated by sleep duration? *Neurological Sciences*. doi:10.1007/s10072-019-03750-5

Huang, C., Wahlund, L., Dierks, T., Julin, P., Winblad, B., & Jelic, V. (2000). Discrimination of Alzheimer's disease and mild cognitive impairment by equivalent EEG sources: a cross-sectional and longitudinal study. *Clin Neurophysiol, 111*(11), 1961-1967. doi:10.1016/s1388-2457(00)00454-5

Idrizbegovic, E., Hederstierna, C., Dahlquist, M., Kämpfe Nordström, C., Jelic, V., & Rosenhall, U. (2011). Central auditory function in early Alzheimer's disease and in mild cognitive impairment. *Age and Ageing, 40*(2), 249-254. doi:10.1093/ageing/afq168

Irish, M., Lawlor, B. A., Coen, R. F., & O'Mara, S. M. (2011). Everyday episodic memory in amnestic mild cognitive impairment: a preliminary investigation. *BMC Neuroscience, 12*(1), 80. doi:10.1186/1471-2202-12-80

Isaacs, B., & Kennie, A. T. (2018). The Set Test as an Aid to the Detection of Dementia in Old People. *British Journal of Psychiatry, 123*(575), 467-470. doi:10.1192/bjp.123.4.467

Ismail, Z., Elbayoumi, H., Fischer, C. E., Hogan, D. B., Millikin, C. P., Schweizer, T., . . . Fiest, K. M. (2017). Prevalence of Depression in Patients With Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-analysisPrevalence of Depression in Patients With Mild Cognitive ImpairmentPrevalence of Depression in Patients With Mild Cognitive Impairment. *JAMA Psychiatry, 74*(1), 58-67. doi:10.1001/jamapsychiatry.2016.3162

Jacinto, A. F., Nitrini, R., Brucki, S. M. D., Porto, C. S., de Mello Franco, F. G., & de Albuquerque Citero, V. (2013). The pros and cons of early diagnosis of dementia. *The British journal of general practice : the journal of the Royal College of General Practitioners, 63*(614), 463-463. doi:10.3399/bjgp13X671551

Jackson, C. E., & Snyder, P. J. (2008). Electroencephalography and event-related potentials as biomarkers of mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia, 4*(1, Supplement 1), S137-S143. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2007.10.008

Jacobs, J. W., Bernhard, M. R., Delgado, A., & Strain, J. J. (1977). Screening for Organic Mental Syndromes in the Medically Ill. *Annals of Internal Medicine, 86*(1), 40-46. doi:10.7326/0003-4819-86-1-40

Jasper, H.H. (1958) The Ten-Twenty Electrode System of the International Federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 10*, 371-375.

Jeong, J. (2004). EEG dynamics in patients with Alzheimer's disease. *Clinical Neurophysiology, 115*(7), 1490-1505. https://doi.org/10.1016/j.clinph.2004.01.001

Jeong, J. W., Kim, K. W., Lee, D. Y., Lee, S. B., Park, J. H., Choi, E. A., . . . Woo, J. I. (2007). A Normative Study of the Revised Hasegawa Dementia Scale: Comparison of Demographic Influences between the Revised Hasegawa Dementia Scale and the Mini-Mental Status Examination. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 24*(4), 288-293. doi:10.1159/000107592

Jiang, Y., Li, J., Schmitt, F. A., Jicha, G. A., Munro, N. B., Zhao, X., . . . Abner, E. L. (2021). Memory-Related Frontal Brainwaves Predict Transition to Mild Cognitive Impairment in Healthy Older Individuals Five Years Before Diagnosis. *Journal of Alzheimer's Disease, 79*, 531-541. doi:10.3233/JAD-200931

Jin, H., Zhang, M.-Y., Qu, O.-Y., Wang, Z.-Y., Salmon, D. P., Katzman, R., . . . Yu, E. S. H. (1989). Cross-cultural studies of dementia: Use of a Chinese version of the Blessed-Roth Information-Memory-Concentration test in a Shanghai dementia survey. *Psychology and Aging, 4*(4), 471-479. doi:10.1037/0882-7974.4.4.471

Jitapunkul, S., Kamolratanakul, P., & Ebrahim, S. (1994). The Meaning of Activities of Daily Living in a Thai Elderly Population: Development of a New Index. *Age and Ageing, 23*(2), 97-101. doi:10.1093/ageing/23.2.97

Jitapunkul, S., Lailert, C., Worakul, P., Srikiatkhachorn, A., & Ebrahim, S. (1996). CHULA MENTAL TEST: A SCREENING TEST FOR ELDERLY PEOPLE IN LESS DEVELOPED COUNTRIES. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 11*(8) , 715- 720. doi:10.1002/(SICI)1099-1166(199608)11:8<715::AID-GPS374>3.0.CO;2-Q

Johnen, A., Reul, S., Wiendl, H., Meuth, S. G., & Duning, T. (2018). Apraxia profiles—A single cognitive marker to discriminate all variants of frontotemporal lobar degeneration and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring, 10*, 363-371. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2018.04.002

Jorm, A. F., & Jacomb, P. A. (1989). The Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE): Socio-demographic correlates, reliability, validity and some norms. *Psychological Medicine, 19*(4), 1015-1022. doi:10.1017/S0033291700005742

Joubert, S., Gardy, L., Didic, M., Rouleau, I., & Barbeau, E. J. (2021). A Meta-Analysis of Semantic Memory in Mild Cognitive Impairment. *Neuropsychology Review, 31*(2), 221-232. doi:10.1007/s11065-020-09453-5

Julayanont, P. , Tangwongchai, S. , Hemrungrojn, S. , Tunvirachaisakul, C. , Phanthumchinda, K., Hongsawat, J., . . . Nasreddine, Z. S. (2015). The Montreal Cognitive Assessment—Basic: A Screening Tool for Mild Cognitive Impairment in Illiterate and Low-Educated Elderly Adults. *Journal of the American Geriatrics Society, 63*(12), 2550-2554. doi:10.1111/jgs.13820

Jungwirth, S., Zehetmayer, S., Hinterberger, M., Tragl, K. H., & Fischer, P. (2012). The validity of amnestic MCI and non-amnestic MCI at age 75 in the prediction of

Alzheimer's dementia and vascular dementia. *International Psychogeriatrics, 24*(6), 959-966. doi:10.1017/S1041610211002870

Kalbe, E., Calabrese, P., Schwalen, S., & Kessler, J. (2003). The Rapid Dementia Screening Test (RDST): A New Economical Tool for Detecting Possible Patients with Dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 16*(4), 193-199. doi:10.1159/000072802

Kalbe, E., Kessler, J., Calabrese, P., Smith, R., Passmore, A. P., Brand, M., & Bullock, R. (2004). DemTect: a new, sensitive cognitive screening test to support the diagnosis of mild cognitive impairment and early dementia. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 19*(2), 136-143. doi:10.1002/gps.1042

Katzman, R., Brown, T., Fuld, P., Peck, A., Schechter, R., & Schimmel, H. (1983). Validation of a short Orientation-Memory-Concentration Test of cognitive impairment. *The American Journal of Psychiatry, 140*(6), 734-739. doi:10.1176/ajp.140.6.734

Kelley, B. J., & Petersen, R. C. (2007). Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Neurologic clinics, 25*(3), 577-v. doi:10.1016/j.ncl.2007.03.008

Kiernan, R. J., Mueller, J., Langston, J. W., & Van, D. C. (1987). The Neurobehavioral Cognitive Status Examination: A Brief But Differentiated Approach to Cognitive Assessment. *Annals of Internal Medicine, 107*(4), 481-485. doi:10.7326/0003-4819-107-4-481

Kim, J. W., Lee, D. Y., Lee, B. C., Jung, M. H., Kim, H., Choi, Y. S., & Choi, I.-G. (2012). Alcohol and cognition in the elderly: a review. *Psychiatry investigation, 9*(1), 8-16. doi:10.4306/pi.2012.9.1.8

Kim, K. Y., & Yun, J.-M. (2018). Association between diets and mild cognitive impairment in adults aged 50 years or older. *Nutrition research and practice, 12*(5), 415-425. doi:10.4162/nrp.2018.12.5.415

Kirova, A.-M., Bays, R. B., & Lagalwar, S. (2015). Working Memory and Executive Function Decline across Normal Aging, Mild Cognitive Impairment, and Alzheimer's Disease. *BioMed Research International, 2015*, 748212. doi:10.1155/2015/748212

Knight, R., Khondoker, M., Magill, N., Stewart, R., & Landau, S. (2018). A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effectiveness of Acetylcholinesterase Inhibitors and Memantine in Treating the Cognitive Symptoms of Dementia. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 45*(3-4), 131-151. doi:10.1159/000486546

Knopman, D. S., Knudson, D., Yoes, M. E., & Weiss, D. J. (2000). Development and Standardization of a New Telephonic Cognitive Screening Test: The Minnesota Cognitive Acuity Screen (MCAS). *Cognitive and Behavioral Neurology, 13*(4), 286-296.

Koelewijn, T., Bronkhorst, A., & Theeuwes, J. (2010). Attention and the multiple stages of multisensory integration: A review of audiovisual studies. *Acta Psychologica, 134*(3), 372-384. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2010.03.010

Kokmen, E., Naessens, J. M., & Offord, K. P. (1987). A Short Test of Mental Status: Description and Preliminary Results. *Mayo Clinic Proceedings, 62*(4), 281-288. doi:10.1016/S0025-6196(12)61905-3

König, A., Satt, A., Sorin, A., Hoory, R., Toledo-Ronen, O., Derreumaux, A., . . . David, R. (2015). Automatic speech analysis for the assessment of patients with predementia and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring, 1*(1), 112-124. https://doi.org/10.1016/j.dadm.2014.11.012

Koning, I. d., Dippel, D. W. J., Kooten, F. v., & Koudstaal, P. J. (2000). A Short Screening Instrument for Poststroke Dementia. *Stroke, 31*(7), 1502-1508. doi:10.1161/01.STR.31.7.1502

Koss, E., Patterson, M. B., Ownby, R., Stuckey, J. C., & Whitehouse, P. J. (1993). Memory Evaluation in Alzheimer's Disease: Caregivers' Appraisals and Objective Testing. *Archives of Neurology, 50*(1), 92-97. doi:10.1001/archneur.1993.00540010086023

Krishnan, K. R., Levy, R. M., Wagner, H. R., Chen, G., Gersing, K., & Doraiswamy, P. M. (2001). Informant-rated cognitive symptoms in normal aging, mild cognitive impairment, and dementia. Initial development of an informant-rated screen (Brief Cognitive Scale) for mild cognitive impairment and dementia. *Psychopharmacology Bulletin, 35*(3), 79-88.

Kuslansky, G., Buschke, H., Katz, M., Sliwinski, M., & Lipton, R. B. (2002). Screening for Alzheimer's Disease: The Memory Impairment Screen Versus the Conventional Three-Word Memory Test. *Journal of the American Geriatrics Society, 50*(6), 1086-1091. doi:10.1046/j.1532-5415.2002.50265.x

Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology, 4*(863). doi:10.3389/fpsyg.2013.00863

Lam, L. C. W., Tam, C. W. C., Lui, V. W. C., Chan, W. C., Chan, S. S. M., Chiu, H. F. K., . . . Chan, W. M. (2008). Screening of Mild Cognitive Impairment in Chinese Older Adults – A Multistage Validation of the Chinese Abbreviated Mild Cognitive Impairment Test. *Neuroepidemiology, 30*(1), 6-12. doi:10.1159/000113300

Landau, S. M., Harvey, D., Madison, C. M., Reiman, E. M., Foster, N. L., Aisen, P. S., . . . Jagust, W. J. (2010). Comparing predictors of conversion and decline in mild cognitive impairment. *Neurology, 75*(3), 230-238. doi:10.1212/WNL.0b013e3181e8e8b8

Larner, A. J. (2016). Cognitive screening instruments for the diagnosis of mild cognitive impairment. *Progress in Neurology and Psychiatry, 20*(2), 21-26. doi:10.1002/pnp.421

Larner, A. J. (2018). Cognitive screeners for MCI: is correction of skewed data necessary? *Progress in Neurology and Psychiatry, 22*(4), 27-30. doi:10.1002/pnp.520

Lee, M., Ryoo, J. H., Chung, M., Anderson, J. G., Rose, K., & Williams, I. C. (2019). Effective interventions for depressive symptoms among caregivers of people with dementia: A systematic review and meta-analysis. *Dementia, 0*(0), 1471301218822640. doi:10.1177/1471301218822640

Leopold, N. A., & Borson, A. J. (1997). An alphabetical `WORLD'. *A new version of an old test, 49*(6), 1521-1524. doi:10.1212/wnl.49.6.1521

Levinoff, E. J., Saumier, D., & Chertkow, H. (2005). Focused attention deficits in patients with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain and Cognition, 57*(2), 127-130. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.08.058

Levinoff, E. J., Saumier, D., & Chertkow, H. (2005). Focused attention deficits in patients with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *Brain and Cognition, 57*(2), 127-130. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2004.08.058

Limpawattana, P., Tiamkao, S., & Sawanyawisuth, K. (2012). The performance of the Rowland Universal Dementia Assessment Scale (RUDAS) for cognitive screening in a geriatric outpatient setting. *Aging Clinical and Experimental Research, 24*(5), 495-500. doi:10.3275/8296

Liu, A. K. L., Chang, R. C.-C., Pearce, R. K. B., & Gentleman, S. M. (2015). Nucleus basalis of Meynert revisited: anatomy, history and differential involvement in Alzheimer's and Parkinson's disease. *Acta neuropathologica, 129*(4), 527-540. doi:10.1007/s00401-015-1392-5

LoGiudice, D., Smith, K., Thomas, J., Lautenschlager, N. T., Almeida, O. P., Atkinson, D., & Flicker, L. (2006). Kimberley Indigenous Cognitive Assessment tool (KICA): development of a cognitive assessment tool for older indigenous Australians. *International Psychogeriatrics, 18*(2), 269-280. doi:10.1017/S1041610205002681

Lopez-Calderon, J., & Luck, S. J. (2014). ERPLAB: an open-source toolbox for the analysis of event-related potentials. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*(213). doi:10.3389/fnhum.2014 .00213

Luchsinger, J. A., Brickman, A. M., Reitz, C., Cho, S. J., Schupf, N., Manly, J. J., . . . Brown, T. R. (2009). Subclinical cerebrovascular disease in mild cognitive impairment. *Neurology, 73*(6), 450-456. doi:10.1212/WNL.0b013e3181b1636a

Luck, S. J., Stewart, A. X., Simmons, A. M., & Rhemtulla, M. (2019, August 29). Standardized Measurement Error as a Universal Measure of Data Quality for Event-Related Potentials: An Overview. https://doi.org/10.31234/osf.io/jc3sd

Macaulay, C., Battista, M., Lebby, P. C., & Mueller, J. (2003). Geriatric performance on the Neurobehavioral Cognitive Status Examination (Cognistat) what is normal? *Archives of Clinical Neuropsychology, 18*(5), 463–471. https://doi.org/10.1016/S0887-6177(02)00141-5

Maki, Y., Yamaguchi, T., & Yamaguchi, H. (2013). Symptoms of Early Dementia-11 Questionnaire (SED-11Q): A Brief Informant-Operated Screening for Dementia. *Dementia and geriatric cognitive disorders extra, 3*(1), 131-142. doi:10.1159/000350460

Manns, J. R., Hopkins, R. O., & Squire, L. R. (2003). Semantic Memory and the Human Hippocampus. *Neuron, 38*(1) , 127- 133. https: / / doi. org/ 10. 1016/ S0896-6273(03)00146-6

Manuela Crispim Nascimento, C., Rodrigues Pereira, J., Pires de Andrade, L., Garuffi, M., Leme Talib, L., Vicente Forlenza, O., . . . Stella, F. (2014). Physical Exercise in MCI Elderly Promotes Reduction of Pro- Inflammatory Cytokines and Improvements on Cognition and BDNF Peripheral Levels. *Current Alzheimer Research, 11*(8), 799-805.

Mapstone, M., Steffenella, T. M., & Duffy, C. J. (2003). A visuospatial variant of mild cognitive impairment. *Getting lost between aging and AD, 60*(5), 802-808. doi:10.1212/01.Wnl.0000049471.76799.De

Marshall, G. A., Rentz, D. M., Frey, M. T., Locascio, J. J., Johnson, K. A., & Sperling, R. A. (2011). Executive function and instrumental activities of daily living in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Alzheimer's & Dementia, 7*(3), 300-308. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2010.04.005

Matthews, B. R. (2015). Memory dysfunction. *Continuum (Minneapolis, Minn.), 21*(3 Behavioral Neurology and Neuropsychiatry), 613-626. doi:10.1212/01.CON.0000466656.59413.29

Mayo Clinic (2019). Mild Cognitive Impairment (MCI). Retrieved from https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/mild-cognitive-impairment/symptoms-causes/syc-20354578

McMillan, J., & Schumacher, S. (2014). *Research in Education Evidence-Based Inquiry*. Pearson Education Limited.

Meghdadi, A. H., Stevanović Karić, M., McConnell, M., Rupp, G., Richard, C., Hamilton, J., . . . Berka, C. (2021). Resting state EEG biomarkers of cognitive decline associated with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *PLOS ONE, 16*(2), e0244180. doi:10.1371/journal.pone.0244180

Mendiondo, M. S., Ashford, J. W., Kryscio, R. J., & Schmitt, F. A. (2003). Designing a Brief Alzheimer Screen (BAS). *Journal of Alzheimer's Disease, 5*, 391-398. doi:10.3233/JAD-2003-5506

Meulen, E. F. J., Schmand, B., van Campen, J. P., de Koning, S. J., Ponds, R. W., Scheltens, P., & Verhey, F. R. (2004). The seven minute screen: a neurocognitive screening test highly sensitive to various types of dementia. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry, 75*(5), 700-705. doi: 10.1136/jnnp.2003.021055

Milte, C. M., Ball, K., Crawford, D., & McNaughton, S. A. (2019). Diet quality and cognitive function in mid-aged and older men and women. *BMC Geriatrics, 19*(1), 361. doi:10.1186/s12877-019-1326-5

Mioshi, E., Dawson, K., Mitchell, J., Arnold, R., & Hodges, J. R. (2006). The Addenbrooke's Cognitive Examination Revised (ACE-R): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 21*(11), 1078-1085. doi:10.1002/gps.1610

Missonnier, P., Deiber, M. P., Gold, G., Herrmann, F. R., Millet, P., Michon, A., . . . Giannakopoulos, P. (2007). Working memory load–related electroencephalographic parameters can differentiate progressive from stable mild cognitive impairment. *Neuroscience, 150*(2), 346-356. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2007.09.009

Missonnier, P., Gold, G., Fazio-Costa, L., Michel, J.-P., Mulligan, R., Michon, A., . . . Giannakopoulos, P. (2005). Early Event-Related Potential Changes During Working Memory Activation Predict Rapid Decline in Mild Cognitive Impairment. *The Journals of Gerontology: Series A, 60*(5), 660-666. doi:10.1093/gerona/60.5.660

Missonnier, P., Gold, G., Fazio-Costa, L., Michel, J.-P., Mulligan, R., Michon, A., . . . Giannakopoulos, P. (2005). Early Event-Related Potential Changes During Working Memory Activation Predict Rapid Decline in Mild Cognitive Impairment. *The Journals of Gerontology: Series A, 60*(5), 660-666. doi:10.1093/gerona/60.5.660

Moafmashhadi, P., & Koski, L. (2013). Limitations for interpreting failure on individual subtests of the Montreal Cognitive Assessment. *Journal of geriatric psychiatry and neurology*, *26*(1), 19–28. https://doi.org/10.1177/0891988712473802

Modrego, P. J., & Ferrández, J. (2004). Depression in Patients With Mild Cognitive Impairment Increases the Risk of Developing Dementia of Alzheimer Type: A Prospective Cohort Study. *Archives of Neurology, 61*(8), 1290-1293. doi:10.1001/archneur.61.8.1290

Molloy, D. W., Standish, T. I., & Lewis, D. L. (2005). Screening for Mild Cognitive Impairment: Comparing the SMMSE and the ABCS. *The Canadian Journal of Psychiatry, 50*(1), 52-58. doi:10.1177/070674370505000110

Moon, S. W., Lee, B., & Choi, Y. C. (2018). Changes in the Hippocampal Volume and Shape in Early-Onset Mild Cognitive Impairment. *Psychiatry investigation, 15*(5), 531-537. doi:10.30773/pi.2018.02.12

Moretti, D. V. (2015). Theta and alpha EEG frequency interplay in subjects with mild cognitive impairment: evidence from EEG, MRI, and SPECT brain modifications. *Frontiers in aging neuroscience, 7*(31). doi:10.3389/fnagi.2015.00031

Moretti, D. V., Paternicò, D., Binetti, G., Zanetti, O., & Frisoni, G. B. (2012). EEG markers are associated to gray matter changes in thalamus and basal ganglia in subjects with mild cognitive impairment. *NeuroImage, 60*(1) , 489- 496. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.086

Moretti, D. V., Paternicò, D., Binetti, G., Zanetti, O., & Frisoni, G. B. (2013). EEG upper/ low alpha frequency power ratio relates to temporo- parietal brain atrophy and memory performances in mild cognitive impairment. *Frontiers in aging neuroscience, 5*, 63-63. doi:10.3389/fnagi.2013.00063

Moretti, D. V., Pievani, M., Geroldi, C., Binetti, G., Zanetti, O., Rossini, P. M., & Frisoni, G. B. (2010). EEG Markers Discriminate Among Different Subgroup of Patients With Mild Cognitive Impairment. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®, 25*(1), 58-73. doi:10.1177/1533317508329814

Moretti, D. V., Pievani, M., Geroldi, C., Binetti, G., Zanetti, O., Rossini, P. M., & Frisoni, G. B. (2009). EEG Markers Discriminate Among Different Subgroup of Patients With Mild Cognitive Impairment. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias®, 25*(1), 58-73. doi:10.1177/1533317508329814

Moretti, D. V., Zanetti, O., Binetti, G., & Frisoni, G. B. (2012). Quantitative EEG Markers in Mild Cognitive Impairment: Degenerative versus Vascular Brain Impairment.

International journal of Alzheimer's disease, 2012, 917537-917537. doi:10.1155/2012/917537

Morris, J. C., Mohs, R. C., Rogers, H., Fillenbaum, G., & Heyman, A. (1988). Consortium to establish a registry for Alzheimer's disease (CERAD) clinical and neuropsychological assessment of Alzheimer's disease. *Psychopharmacology Bulletin, 24*(4), 641-652.

Morris, J. C., Storandt, M., Miller, J. P., McKeel, D. W., Price, J. L., Rubin, E. H., & Berg, L. (2001). Mild Cognitive Impairment Represents Early-Stage Alzheimer Disease. *Archives of Neurology, 58*(3), 397-405. doi:10.1001/archneur.58.3.397

Morrison, C., Rabipour, S., Knoefel, F., Sheppard, C., & Taler, V. (2018). Auditory Event-related Potentials in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease. *Current Alzheimer Research, 15*(8), 702-715. http://dx.doi.org/10.2174/1567205015666180123123209

Morrison, c., Rabipour, S., Taler, V., Sheppard, C., & Knoefel, F. (2019). Visual Event-Related Potentials in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: A Literature Review. *Current Alzheimer Research, 16*(1), 67-89. http://dx.doi.org/10.2174/1567205015666181022101036

Morrison, C., Rabipour, S., Taler, V., Sheppard, C., & Knoefel, F. (2019). Visual Event-Related Potentials in Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's Disease: A Literature Review. *Curr Alzheimer Res, 16*(1), 67-89. doi:10.2174/1567205015666181022101036

Mosti, C. B., Rog, L. A., & Fink, J. W. (2019). Differentiating Mild Cognitive Impairment and Cognitive Changes of Normal Aging. In L. D. Ravdin & H. L. Katzen (Eds.), *Handbook on the Neuropsychology of Aging and Dementia* (pp. 445-463). Cham: Springer International Publishing.

Mourao, R. J., Mansur, G., Malloy-Diniz, L. F., Castro Costa, E., & Diniz, B. S. (2016). Depressive symptoms increase the risk of progression to dementia in subjects

with mild cognitive impairment: systematic review and meta- analysis. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 31*(8), 905-911. doi:10.1002/gps.4406

Movement, A. s. I. (2018). Costs of Alzheimer's to Medicare and Medicaid. Retrieved from http://act.alz.org/site/DocServer/2012_Costs_Fact_Sheet_version_2.pdf?docID=7161

Mueller, S. G., Schuff, N., Yaffe, K., Madison, C., Miller, B., & Weiner, M. W. (2010). Hippocampal atrophy patterns in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Human Brain Mapping, 31*(9), 1339-1347. doi:10.1002/hbm.20934

Mufson, E. J., Ma, S. Y., Cochran, E. J., Bennett, D. A., Beckett, L. A., Jaffar, S., . . . Kordower, J. H. (2000). Loss of nucleus basalis neurons containing trkA immunoreactivity in individuals with mild cognitive impairment and early Alzheimer's disease. *Journal of Comparative Neurology, 427*(1), 19-30. doi:10.1002/1096-9861(20001106)427:1<19::AID-CNE2>3.0.CO;2-A

Mundt, J. C., Freed, D. M., & Greist, J. H. (2000). Lay Person–Based Screening for Early Detection of Alzheimer's Disease: Development and Validation of an Instrument. *The Journals of Gerontology: Series B, 55*(3), P163-P170. doi:10.1093/geronb/55.3.P163

Murray, M. M., Eardley, A. F., Edginton, T., Oyekan, R., Smyth, E., & Matusz, P. J. (2018). Sensory dominance and multisensory integration as screening tools in aging. *Scientific Reports, 8*(1), 8901-8901. doi:10.1038/s41598-018-27288-2

Murray, M. M., Eardley, A. F., Edginton, T., Oyekan, R., Smyth, E., & Matusz, P. J. (2018). Sensory dominance and multisensory integration as screening tools in aging. *Scientific Reports, 8*(1), 8901. doi:10.1038/s41598-018-27288-2

Nakamura, A. E., Opaleye, D., Tani, G., & Ferri, C. P. (2015). Dementia underdiagnosis in Brazil. *The Lancet, 385*(9966), 418-419. doi:10.1016/S0140-6736(15)60153-2

Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., . . . Chertkow, H. (2005). The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: A Brief Screening Tool For Mild Cognitive Impairment. *Journal of the American Geriatrics Society, 53*(4), 695-699. doi:10.1111/j.1532-5415.2005.53221.x

Noesselt, T., Bergmann, D., Heinze, H.-J., Münte, T., & Spence, C. (2012). Coding of multisensory temporal patterns in human superior temporal sulcus. *Frontiers in integrative neuroscience, 6*, 64-64. doi:10.3389/fnint.2012.00064

Nordahl, C. W., Ranganath, C., Yonelinas, A. P., DeCarli, C., Reed, B. R., & Jagust, W. J. (2005). Different mechanisms of episodic memory failure in mild cognitive impairment. *Neuropsychologia, 43*(11), 1688-1697. https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.01.003

Nordlund, A., Rolstad, S., Klang, O., Lind, K., Hansen, S., & Wallin, A. (2007). Cognitive profiles of mild cognitive impairment with and without vascular disease. *Neuropsychology, 21*(6), 706-712. doi:10.1037/0894-4105.21.6.706

O'Shea, D. M., De Wit, L., & Smith, G. E. (2019). Doctor, Should I Use Computer Games to Prevent Dementia? *Clinical Gerontologist, 42*(1), 3-16. doi:10.1080/07317115.2017.1370057

Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia, 9*(1), 97-113. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0028-3932(71)900 67-4

Oulhaj, A., Jernerén, F., Refsum, H., Smith, A. D., & de Jager, C. A. (2016). Omega-3 Fatty Acid Status Enhances the Prevention of Cognitive Decline by B Vitamins in Mild Cognitive Impairment. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 50*(2), 547-557. doi:10.3233/JAD-150777

Ouma, S., Suenaga, M., Bölükbaşı Hatip, F. F., Hatip-Al-Khatib, I., Tsuboi, Y., & Matsunaga, Y. (2018). Serum vitamin D in patients with mild cognitive impairment

and Alzheimer's disease. *Brain and behavior, 8*(3), e00936-e00936. doi:10.1002/brb3.936

Paitel, E. R., Samii, M. R., & Nielson, K. A. (2021). A systematic review of cognitive event-related potentials in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Behavioural Brain Research, 396*, 112904. https://doi.org/10.1016/j.bbr.2020.112904

Panza, F., Lozupone, M., Sardone, R., Battista, P., Piccininni, M., Dibello, V., . . . Logroscino, G. (2019). Sensorial frailty: age-related hearing loss and the risk of cognitive impairment and dementia in later life. *Therapeutic Advances in Chronic Disease, 10*, 204062231881100. doi:10.1177/2040622318811000

Papaliagkas, V. T., Kimiskidis, V. K., Tsolaki, M. N., & Anogianakis, G. (2011). Cognitive event-related potentials: longitudinal changes in mild cognitive impairment. *Clin Neurophysiol, 122*(7), 1322-1326. doi:10.1016/j.clinph.2010.12.036

Pennanen, C., Kivipelto, M., Tuomainen, S., Hartikainen, P., Hänninen, T., Laakso, M. P., . . . Soininen, H. (2004). Hippocampus and entorhinal cortex in mild cognitive impairment and early AD. *Neurobiology of Aging, 25*(3), 303-310. https://doi.org/10.1016/S0197-4580(03)00084-8

Perng, C.-H., Chang, Y.-C., & Tzang, R.-F. (2018). The treatment of cognitive dysfunction in dementia: a multiple treatments meta-analysis. *Psychopharmacology, 235*(5), 1571-1580. doi:10.1007/s00213-018-4867-y

Petersen, R. C., & Morris, J. C. (2005). Mild Cognitive Impairment as a Clinical Entity and Treatment Target. *Archives of Neurology, 62*(7), 1160-1163. doi:10.1001/archneur.62.7.1160

Petersen, R. C., Lundt, E. S., Therneau, T. M., Weigand, S. D., Knopman, D. S., Mielke, M. M., . . . Jack Jr, C. R. (2019). Predicting Progression to Mild Cognitive Impairment. *Annals of Neurology, 85*(1), 155-160. doi:10.1002/ana.25388

Petersen, R. C., Roberts, R. O., Knopman, D. S., Boeve, B. F., Geda, Y. E., Ivnik, R. J., . . . Jack, C. R., Jr. (2009). Mild Cognitive Impairment: Ten Years LaterMild Cognitive Impairment. *Archives of Neurology, 66*(12), 1447-1455. doi:10.1001/archneurol.2009.266

Pfeifer, L., Drobetz, R., Fankhauser, S., Mortby, M. E., Maercker, A., & Forstmeier, S. (2013). Caregiver rating bias in mild cognitive impairment and mild Alzheimer's disease: impact of caregiver burden and depression on dyadic rating discrepancy across domains. *International Psychogeriatrics, 25*(8), 1345-1355. doi:10.1017/S1041610213000562

Pfeiffer, E. (1975). A Short Portable Mental Status Questionnaire for the Assessment of Organic Brain Deficit in Elderly Patients†. *Journal of the American Geriatrics Society, 23*(10), 433-441. doi:10.1111/j.1532-5415.1975.tb00927.x

Phillips, N. A. (2008). Language performance in Alzheimer's disease and mild cognitive impairment: A comparative review AU - Taler, Vanessa. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 30*(5), 501-556. doi:10.1080/13803390701550128

Phung, K. T. T., Chaaya, M., Prince, M., Atweh, S., El Asmar, K., Karam, G., . . . Waldemar, G. (2017). Dementia prevalence, care arrangement, and access to care in Lebanon: A pilot study. *Alzheimer's & Dementia, 13*(12), 1317-1326. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2017.04.007

Pinto, J. O., Vieira De Melo, B. B., Dores, A. R., Peixoto, B., Geraldo, A., & Barbosa, F. (2021). Narrative review of the multisensory integration tasks used with older adults: inclusion of multisensory integration tasks into neuropsychological assessment. *Expert Review of Neurotherapeutics, 21*(6), 657-674. doi:10.1080/14737175.2021.1914592

Pion-Tonachini, L., Kreutz-Delgado, K., & Makeig, S. (2019). ICLabel: An automated electroencephalographic independent component classifier, dataset, and

website. *NeuroImage, 198*, 181-197. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.026

Pistell, P. J., Morrison, C. D., Gupta, S., Knight, A. G., Keller, J. N., Ingram, D. K., & Bruce-Keller, A. J. (2010). Cognitive impairment following high fat diet consumption is associated with brain inflammation. *Journal of Neuroimmunology, 219*(1), 25-32. https://doi.org/10.1016/j.jneuroim.2009.11.010

Porcaro, C., Balsters, J. H., Mantini, D., Robertson, I. H., & Wenderoth, N. (2019). P3b amplitude as a signature of cognitive decline in the older population: An EEG study enhanced by Functional Source Separation. *NeuroImage, 184*, 535-546. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2018.09.057

Prince, M. J. (2004). The Prueba Cognitiva de Leganés is a valid screening tool for diagnosing dementia in people with low educational level. *Evidence Based Mental Health, 7*(2), 39-39. doi:10.1136/ebmh.7.2.39

Prince, M. J. (2015). *World Alzheimer Report 2015: the global impact of dementia: an analysis of prevalence, incidence, cost and trends*. Retrieved from https://www.alz.co.uk/research/world-report-2015

Quak, M., London, R. E., & Talsma, D. (2015). A multisensory perspective of working memory. *Frontiers in Human Neuroscience, 9*(197). doi:10.3389/fnhum.2015.00197

Race, E., Keane, M. M., & Verfaellie, M. (2011). Medial temporal lobe damage causes deficits in episodic memory and episodic future thinking not attributable to deficits in narrative construction. *The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience, 31*(28), 10262-10269. doi: 10.1523/JNEUROSCI.1145-11.2011

Rahman, T. T., Mohamed, S. T., Albanouby, M. H., & Bekhet, H. F. (2011). Central auditory processing in elderly with mild cognitive impairment. *Geriatr Gerontol Int, 11*(3), 304-308. doi:10.1111/j.1447-0594.2010.00684.x

Rajan, K. B., Weuve, J., Barnes, L. L., Wilson, R. S., & Evans, D. A. (2019). Prevalence and incidence of clinically diagnosed Alzheimer's disease dementia from 1994 to 2012 in a population study. *Alzheimer's & Dementia, 15*(1) , 1- 7. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2018.07.216

Rawle, M. J., Davis, D., Bendayan, R., Wong, A., Kuh, D., & Richards, M. (2018). Apolipoprotein-E (Apoe) **ε**4 and cognitive decline over the adult life course. *Translational Psychiatry, 8*(1), 18. doi:10.1038/s41398-017-0064-8

Rehm, J., Hasan, O. S. M., Black, S. E., Shield, K. D., & Schwarzinger, M. (2019). Alcohol use and dementia: a systematic scoping review. *Alzheimer's Research & Therapy, 11*(1), 1. doi:10.1186/s13195-018-0453-0

Reinvang, I., Grambaite, R., & Espeseth, T. (2012). Executive Dysfunction in MCI: Subtype or Early Symptom. *International Journal of Alzheimer’s Disease, 2012*, 8. doi:10.1155/2012/936272

Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an Indicator of Organic Brain Damage. *Perceptual and Motor Skills, 8*(3), 271-276. doi:10.2466/pms.1958.8.3.271

Ritchie, K., & Fuhrer, R. (1996). The validation of an informant screening test for irreversible cognitive decline in the elderly: performance characteristics within a general population sample. *International Journal of Geriatric Psychiatry, 11*(2), 149-156. doi:10.1002/(SICI)1099-1166(199602)11:2<149::AID-GPS298>3.0.CO;2-5

Roark, B., Mitchell, M., Hosom, J., Hollingshead, K., & Kaye, J. (2011). Spoken Language Derived Measures for Detecting Mild Cognitive Impairment. *IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 19*(7), 2081-2090. doi:10.1109/TASL.2011.2112351

Robert, P., Ferris, S., Gauthier, S., Ihl, R., Winblad, B., & Tennigkeit, F. (2010). Review of Alzheimer's disease scales: is there a need for a new multi-domain scale for

therapy evaluation in medical practice? *Alzheimer's Research & Therapy, 2*(4), 24-24. doi:10.1186/alzrt48

Robinson, L., Tang, E., & Taylor, J.-P. (2015). Dementia: timely diagnosis and early intervention. *BMJ : British Medical Journal, 350*, h3029. doi:10.1136/bmj.h3029

Roth, M., Tym, E., Mountjoy, C. Q., Huppert, F. A., Hendrie, H., Verma, S., & Goddard, R. (1986). CAMDEX: A Standardised Instrument for the Diagnosis of Mental Disorder in the Elderly with Special Reference to the Early Detection of Dementia. *British Journal of Psychiatry, 149*(6), 698-709. doi:10.1192/bjp.149.6.698

Roudaia, E., Calabro, F. J., Vaina, L. M., & Newell, F. N. (2018). Aging Impairs Audiovisual Facilitation of Object Motion Within Self-Motion. *Multisens Res, 31*(3-4), 251-272. doi:10.1163/22134808-00002600

Ryan, L., Cox, C., Hayes, S. M., & Nadel, L. (2008). Hippocampal activation during episodic and semantic memory retrieval: comparing category production and category cued recall. *Neuropsychologia, 46*(8), 2109-2121. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2008.02.030

Ryan, L., Lin, C.-Y., Ketcham, K., & Nadel, L. (2010). The role of medial temporal lobe in retrieving spatial and nonspatial relations from episodic and semantic memory. *Hippocampus, 20*(1), 11-18. doi:10.1002/hipo.20607

Saunders, N. L. J., & Summers, M. J. (2011). Longitudinal deficits to attention, executive, and working memory in subtypes of mild cognitive impairment. *Neuropsychology, 25*(2), 237-248. doi:10.1037/a0021134

Saunders, N. L., & Summers, M. J. (2010). Attention and working memory deficits in mild cognitive impairment. *J Clin Exp Neuropsychol, 32*(4), 350-357. doi:10.1080/13803390903042379

Scarabino, D., Gambina, G., Broggio, E., Pelliccia, F., & Corbo, R. M. (2016). Influence of family history of dementia in the development and progression of late-onset Alzheimer's disease. *American Journal of Medical Genetics Part B: Neuropsychiatric Genetics, 171*(2), 250-256. doi:10.1002/ajmg.b.32399

Senanarong, V., Assavisarapom, S., Sivasiriyanonds, N., Printaraku, T., Jamjumrus, P., Udompunthuruk, S., & Poungvarin, N. (2001). The IQCODE : An Alternative Screening Test for Dementia for Low Educated Thai Elderly. *Journal of The Medical Association of Thailand, 84*(5), 648-655.

Seo, E. H., Kim, H., Lee, K. H., & Choo, I. L. H. (2016). Altered executive function in pre-mild cognitive impairment. *Journal of Alzheimer's Disease, 54*(3), 933-940. doi:10.3233/JAD-160052

Sharma, N., Kolekar, M. H., Jha, K., & Kumar, Y. (2019). EEG and Cognitive Biomarkers Based Mild Cognitive Impairment Diagnosis. *IRBM, 40*(2), 113-121. https://doi.org/10.1016/j.irbm.2018.11.007

Silpakit, O., Silpakit, C., & Pukdeenaul, P. (2007). A comparison study of cognitive impariment screening tools: CDT, IQCODE VS MMSE. *Siriraj Medical Journal, 59*(7), 361-363.

Silva, D., Albers, U., Santana, I., Vicente, M., Martins, I. P., Verdelho, A., . . . de-Mendonça, A. (2013). Do MCI patients with vitamin B12 deficiency have distinctive cognitive deficits? *BMC research notes, 6*, 357-357. doi:10.1186/1756-0500-6-357

Silverman, J. M., Breitner, J. C., Mohs, R. C., & Davis, K. L. (1986). Reliability of the family history method in genetic studies of Alzheimer's disease and related dementias. *The American Journal of Psychiatry, 143*(10), 1279-1282. doi:10.1176/ajp.143.10.1279

Simpraga, S., Alvarez-Jimenez, R., Mansvelder, H. D., van Gerven, J. M. A., Groeneveld, G. J., Poil, S.-S., & Linkenkaer-Hansen, K. (2017). EEG machine learning for

accurate detection of cholinergic intervention and Alzheimer's disease. *Scientific Reports, 7*(1), 5775. doi:10.1038/s41598-017-06165-4

Siri, S., Okanurak, K., Chansirikanjana, S., Kitayaporn, D., & Jorm, A. F. (2006). Modified Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly (IQCODE) as a screening test for dementia for Thai elderly. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, *37*(3), 587–594.

Smith, E. E., & Jonides, J. (1997). Working Memory: A View from Neuroimaging. *Cognitive Psychology, 33*(1), 5-42. https://doi.org/10.1006/cogp.1997.0658

So, A., Hooshyar, D., Park, K. W., & Lim, H. S. (2017). Early Diagnosis of Dementia from Clinical Data by Machine Learning Techniques. *Applied Sciences, 7*(7), 651.

Solomon, P. R., Hirschoff, A., Kelly, B., Relin, M., Brush, M., DeVeaux, R. D., & Pendlebury, W. W. (1998). A 7 minute neurocognitive screening battery highly sensitive to Alzheimer's disease. *Archives of neurology*, *55*(3), 349–355. https://doi.org/10.1001/archneur.55.3.349

Sood, P., Kletzel, S. L., Krishnan, S., Devos, H., Negm, A., Hoffecker, L., . . . Heyn, P. C. (2019). Nonimmersive Brain Gaming for Older Adults With Cognitive Impairment: A Scoping Review. *The Gerontologist, 59*(6) , e764- e781. doi:10.1093/geront/gny164

Stanley, R., Kuruvilla, A., Kumar, S., Gayathri, K., Mathews, P., Abraham, V., . . . Jacob, K. S. (2009). The Vellore screening instruments and strategies for the diagnosis of dementia in the community. *International Psychogeriatrics, 21*(3), 539-547. doi:10.1017/S104161020900903X

Stefanou, M. E., Dundon, N. M., Bestelmeyer, P. E. G., Ioannou, C., Bender, S., Biscaldi, M., . . . Klein, C. (2020). Late attentional processes potentially compensate for early perceptual multisensory integration deficits in children with autism:

evidence from evoked potentials. *Scientific Reports, 10*(1), 16157. doi:10.1038/s41598-020-73022-2

Steffens, D. C. (2012). Depressive symptoms and mild cognitive impairment in the elderly: an ominous combination. *Biological Psychiatry, 71*(9), 762-764. doi:10.1016/j.biopsych.2012.02.002

Stein, B. E., & Stanford, T. R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nat Rev Neurosci, 9*(4), 255-266. doi:10.1038/nrn2331

Ströhle, A., Schmidt, D. K., Schultz, F., Fricke, N., Staden, T., Hellweg, R., . . . Rieckmann, N. (2015). Drug and Exercise Treatment of Alzheimer Disease and Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effects on Cognition in Randomized Controlled Trials. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 23*(12), 1234-1249. https://doi.org/10.1016/j.jagp.2015.07.007

Summers, M. J. (2010). Attention and working memory deficits in mild cognitive impairment AU - Saunders, Nichole L. J. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 32*(4), 350-357. doi:10.1080/13803390903042379

Sungkarat, S., Methapatara, P., Taneyhill, K., & Apiwong, R. (2011). Sensitivity and specificity of seven-minute screen (7MS) Thai version in screening Alzheimer's disease. *Journal of The Medical Association of Thailand, 94*(7), 842-848.

Svensson, T., Sawada, N., Mimura, M., Nozaki, S., Shikimoto, R., & Tsugane, S. (2019). The association between midlife serum high-density lipoprotein and mild cognitive impairment and dementia after 19 years of follow-up. *Translational Psychiatry, 9*(1), 26. doi:10.1038/s41398-018-0336-y

Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education, 48*(6), 1273-1296. doi:10.1007/s11165-016-9602-2

Takeda, S., Nakagome, K., Tajime, K., & Saito, M. (2009). Effectiveness of the Takeda Three Colors Combination Test as a screening test for dementia. *Psychogeriatrics, 9*(1), 4-10. doi:10.1111/j.1479-8301.2008.00256.x

Talsma, D., Doty, T. J., & Woldorff, M. G. (2006). Selective Attention and Audiovisual Integration: Is Attending to Both Modalities a Prerequisite for Early Integration? *Cerebral Cortex, 17*(3), 679-690. doi:10.1093/cercor/bhk016

Talsma, D., Senkowski, D., Soto-Faraco, S., & Woldorff, M. G. (2010). The multifaceted interplay between attention and multisensory integration. *Trends in Cognitive Sciences, 14*(9), 400-410. https://doi.org/10.1016/j.tics.2010.06.008

Tan, E. Y. L., Köhler, S., Hamel, R. E. G., Muñoz-Sánchez, J. L., Verhey, F. R. J., & Ramakers, I. (2019). Depressive Symptoms in Mild Cognitive Impairment and the Risk of Dementia: A Systematic Review and Comparative Meta-Analysis of Clinical and Community-Based Studies. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 67*(4), 1319-1329. doi:10.3233/jad-180513

Tangwongchai, S., Charernboon, T., Phanasathit, M., Akkayagorn, L., Hemrungrojn, S., Phanthumchinda, L., & Nasreddine, Z. (2009). The validity of Thai verion of the Montreal cognitive assessment (MoCA-T). *Dementia & Neuropsychologia, 3*, 172.

Tariq, S. H., Tumosa, N., Chibnall, J. T., Perry, M. H., & Morley, J. E. (2006). Comparison of the Saint Louis University Mental Status Examination and the Mini-Mental State Examination for Detecting Dementia and Mild Neurocognitive Disorder—A Pilot Study. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 14*(11), 900-910. https://doi.org/10.1097/01.JGP.0000221510.33817.86

Teng, E. L., & Chui, H. C. (1987). The Modified Mini-Mental State (3MS) examination. *The Journal of Clinical Psychiatry, 48*(8), 314-318.

Teng, E. L., Hasegawa, K., Homma, A., Imai, Y., Larson, E., Graves, A., . . . White, L. R. (1994). The Cognitive Abilities Screening Instrument (CASI): A Practical Test for

Cross- Cultural Epidemiological Studies of Dementia. *International Psychogeriatrics, 6*(1), 45-58. doi:10.1017/S1041610294001602

Todd, M. E., Dammers, P. M., Adams, S. G., Todd, H. M., & Morrison, M. (1995). An examination of a proposed scoring procedure for the clock drawing test: Reliability and predictive validity of the clock scoring system (CSS). *American Journal of Alzheimer's Disease, 10*(4), 22-26. doi:10.1177/153331759501000406

Tornatore, J. B., Hill, E., Laboff, J. A., & McGann, M. E. (2005). Self-administered screening for mild cognitive impairment: initial validation of a computerized test battery. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences, 17*(1), 98-105. doi:10.1176/jnp.17.1.98

Train the Brain Forum Committee. (1993). Thai mental state examination (TMSE). *Siriraj Hosp Gaz, 45*, 661-674.

Traykov, L., Raoux, N., Latour, F., Gallo, L., Hanon, O., Baudic, S., . . . Rigaud, A. S. (2007). Executive functions deficit in mild cognitive impairment. *Cogn Behav Neurol, 20*(4), 219-224. doi:10.1097/WNN.0b013e31815e6254

Tromp, D., Dufour, A., Lithfous, S., Pebayle, T., & Després, O. (2015). Episodic memory in normal aging and Alzheimer disease: Insights from imaging and behavioral studies. *Ageing Research Reviews, 24*, 232-262. https://doi.org/10.1016/j.arr.2015.08.006

Trongsakul, S., Lambert, R., Clark, A., Wongpakaran, N., & Cross, J. (2015). Development of the Thai version of Mini-Cog, a brief cognitive screening test. *Geriatrics & Gerontology International, 15*(5), 594-600. doi:10.1111/ggi.12318

Tsai, N., & Gao, Z.-X. (1989). Validity of Hasegawa's Dementia Scale for Screening Dementia among Aged Chinese. *International Psychogeriatrics, 1*(2), 145-152. doi:10.1017/S1041610289000153

Tsantali, E., Economidis, D., & Tsolaki, M. (2013). Could language deficits really differentiate Mild Cognitive Impairment (MCI) from mild Alzheimer's disease?

Archives of Gerontology and Geriatrics, 57(3), 263-270. https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.03.011

Tsolaki, A. C., Kosmidou, V., Kompatsiaris, I., Papadaniil, C., Hadjileontiadis, L., Adam, A., & Tsolaki, M. (2017). Brain source localization of MMN and P300 ERPs in mild cognitive impairment and Alzheimer's disease: a high-density EEG approach. *Neurobiology of Aging, 55*, 190-201. https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2017.03.025

Tunvirachaisakul, C., Supasitthumrong, T., Tangwongchai, S., Hemrunroj, S., Chuchuen, P., Tawankanjanachot, I., Likitchareon, Y., Phanthumchinda, K., Sriswasdi, S., & Maes, M. (2018). Characteristics of Mild Cognitive Impairment Using the Thai Version of the Consortium to Establish a Registry for Alzheimer's Disease Tests: A Multivariate and Machine Learning Study. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders, 45*(1), 38-48. https://doi.org/10.1159/000 487232

Vabalas, A., Gowen, E., Poliakoff, E., & Casson, A. J. (2019). Machine learning algorithm validation with a limited sample size. *PloS one*, *14*(11), e0224365. https://doi.org/10.1371/ journal.po ne.0224365

Vadikolias, K., Tsiakiri-Vatamidis, A., Tripsianis, G., Tsivgoulis, G., Ioannidis, P., Serdari, A., . . . Piperidou, C. (2012). Mild cognitive impairment: effect of education on the verbal and nonverbal tasks performance decline. *Brain and behavior, 2*(5), 620-627. doi:10.1002/brb3.88

van der Flier, W. M., van den Heuvel, D. M. J., Weverling-Rijnsburger, A. W. E., Spilt, A., Bollen, E. L. E. M., Westendorp, R. G. J., . . . van Buchem, M. A. (2002). Cognitive decline in AD and mild cognitive impairment is associated with global brain damage. *Neurology, 59*(6), 874-879. doi:10.1212/wnl.59.6.874

Van der Mussele, S., Fransen, E., Struyfs, H., Luyckx, J., Mariën, P., Saerens, J., . . . Engelborghs, S. (2014). Depression in mild cognitive impairment is associated

with progression to Alzheimer's disease: a longitudinal study. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 42*(4), 1239-1250. doi:10.3233/jad-140405

Vichitvejpaisal, P., Preechakoon, B., Supaprom, W., Sriputtaruk, S., Rodpaewpaln, S., Saen-Ubol, R., & Vessuwan, K. (2015). The Montreal Cognitive Assessment as a Screening Tool for Preoperative Cognitive Impairment in Geriatric Patients. *Journal of the Medical Association of Thailand, 98*(8), 782-789.

Vipin, A., Loke, Y. M., Liu, S., Hilal, S., Shim, H. Y., Xu, X., . . . Zhou, J. (2018). Cerebrovascular disease influences functional and structural network connectivity in patients with amnestic mild cognitive impairment and Alzheimer's disease. *Alzheimer's Research & Therapy, 10*(1), 82. doi:10.1186/s13195-018-0413-8

Wadley, V. G., Okonkwo, O., Crowe, M., & Ross-Meadows, L. A. (2008). Mild Cognitive Impairment and Everyday Function: Evidence of Reduced Speed in Performing Instrumental Activities of Daily Living. *The American Journal of Geriatric Psychiatry, 16*(5), 416-424. https://doi.org/10.1097/01.JGP.0000310780.04465.13

Wall, J. R., Deshpande, S. A., MacNei, S. E., & Lichtenberg, P. A. (1998). The Fuld Object Memory Evaluation, a Useful Tool in the Assessment of Urban Geriatric Patients. *Clinical Gerontologist, 19*(1), 39-49. doi:10.1300/J018v19n01_04

Ward, A., Arrighi, H. M., Michels, S., & Cedarbaum, J. M. (2012). Mild cognitive impairment: Disparity of incidence and prevalence estimates. *Alzheimer's & Dementia, 8*(1), 14-21. https://doi.org/10.1016/j.jalz.2011.01.002

Wendell, C. R., Giggey, P. P., Katzel, L. I., Lefkowitz, D. M., Siegel, E. L., & Waldstein, S. R. (2013). Psychometric Limitations of the Mini-Mental State Examination Among Nondemented Older Adults: An Evaluation of Neurocognitive and Magnetic Resonance Imaging Correlates AU - Spencer, Robert J. *Experimental Aging Research, 39*(4), 382-397. doi:10.1080/0361073X.2013.808109

Wheeler, M. A., Stuss, D. T., & Tulving, E. (1995). Frontal lobe damage produces episodic memory impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society, 1*(6), 525-536. doi:10.1017/S1355617700000655

Wolters, F. J., van der Lee, S. J., Koudstaal, P. J., van Duijn, C. M., Hofman, A., Ikram, M. K., . . . Ikram, M. A. (2017). Parental family history of dementia in relation to subclinical brain disease and dementia risk. *Neurology, 88*(17), 1642-1649. doi:10.1212/wnl.0000000000003871

Woodford, H. J., & George, J. (2007). Cognitive assessment in the elderly: a review of clinical methods. *QJM: An International Journal of Medicine, 100*(8), 469-484. doi:10.1093/qjmed/hcm051

World Health Organization (WHO). (2017). Dementia. Available at https://www.who.int/health-topics/dementia#tab=tab_1. Accessed May 31, 2021.

Wu, J., Yang, J., Yu, Y., Li, Q., Nakamura, N., Shen, Y., . . . Abe, K. (2012). Delayed audiovisual integration of patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease compared with normal aged controls. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 32*(2), 317-328. doi:10.3233/JAD-2012-111070

Wu, J., Yang, J., Yu, Y., Li, Q., Nakamura, N., Shen, Y., . . . Abe, K. (2012). Delayed audiovisual integration of patients with mild cognitive impairment and Alzheimer's disease compared with normal aged controls. *Journal of Alzheimer's disease : JAD, 32*(2), 317-328. doi:10.3233/JAD-2012-111070

Ya, M., Xun, W., Wei, L., Ting, H., Hong, Y., & Yuan, Z. (2015). Is the Electroencephalogram Power Spectrum Valuable for Diagnosis of the Elderly with Cognitive Impairment? *International Journal of Gerontology, 9*(4), 196-200. https://doi.org/10.1016/j.ijge.2014.07.001

Yang, S., Bornot, J. M. s., Wong-Lin, K., & Prasad, G. (2019). M/EEG-based Bio-markers to predict the Mild Cognitive Impairment and Alzheimer's disease: A Review from

the Machine Learning Perspective. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 1-1. doi:10.1109/TBME.2019.2898871

Youn, J. C., Kim, K. W., Lee, D. Y., Jhoo, J. H., Lee, S. B., Park, J. H., . . . Woo, J. I. (2009). Development of the Subjective Memory Complaints Questionnaire. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders,* 27(4), 310-317. doi:10.1159/000205512

Yu, L., Xu, J., Rowland, B. A., & Stein, B. E. (2014). Multisensory Plasticity in Superior Colliculus Neurons is Mediated by Association Cortex. *Cerebral Cortex, 26*(3), 1130-1137. doi:10.1093/cercor/bhu295

Zanetti, O., Zanieri, G., Giovanni, G. D., De Vreese, L. P., Pezzini, A., Metitieri, T., & Trabucchi, M. (2001). Effectiveness of procedural memory stimulation in mild Alzheimer's disease patients: A controlled study. *Neuropsychological Rehabilitation, 11*(3-4), 263-272. doi:10.1080/09602010042000088

Zhang, H., Huntley, J., Bhome, R., Holmes, B., Cahill, J., Gould, R. L., . . . Howard, R. (2019). Effect of computerised cognitive training on cognitive outcomes in mild cognitive impairment: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open,* 9(8), e027062. doi:10.1136/bmjopen-2018-027062

Zheng, D., Dong, X., Sun, H., Xu, Y., Ma, Y., & Wang, X. (2012). The overall impairment of core executive function components in patients with amnestic mild cognitive impairment: a cross-sectional study. *BMC Neurology, 12*(1), 138. doi:10.1186/1471-2377-12-138

Zumer, J. M., White, T. P., & Noppeney, U. (2020). The neural mechanisms of audiotactile binding depend on asynchrony. *European Journal of Neuroscience, 52*(12), 4709-4731. doi:https://doi.org/10.1111/ejn.14928

ภาคผนวก (Appendix)

สำเนา

ที่ IRB2-042/2564



เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : HU017/2564

โครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายพีร วงศ์อุปราช

หน่วยงานที่สังกัด : วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

๑. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ฉบับที่ ๒ วันที่ ๑๖ เดือน มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

๒. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๔ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๔

๓. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๒ วันที่ ๑๖ เดือน มีนาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

๔. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๔ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๔

๕. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ฉบับที่ ๑ วันที่ ๒๔ เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๔

๖. เอกสารอื่นๆ ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. –

วันที่รับรอง : วันที่ 17 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2564

วันที่หมดอายุ : วันที่ 17 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2565

ลงนาม *อาจารย์เจนวิทย์ นวลแสง*

(อาจารย์เจนวิทย์ นวลแสง)

ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ชุดที่ ๒ (กลุ่มมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)

Creating Connections. Changing Lives. PAR

Sent Via Email: peera.wo@go.buu.ac.th

September 30, 2020

Dr Peera Wongupparaj, BA MA PhD
College of Research Methodology and Cognitive Science, Burapha University
169 Longhaad Bangsaen, Saensook
Mueang, Chonburi 20131
Thailand

Dear Dr. Wongupparaj:

In response to your recent request, permission is hereby granted to you to reproduce up to a total of 60 copies each of the Thai version of the Mini-Mental State Examination-2 (MMSE-2) Standard Version Blue and Red Forms for use only in your research titled, *A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based tasks and machine learning.* If additional copies are needed, it will be necessary to write to PAR for further permission.

This Agreement is subject to the following restrictions:

(1) Any and all materials used will contain the following credit line:

"Reproduced by special permission of the Publisher, Psychological Assessment Resources, Inc., 16204 North Florida Avenue, Lutz, Florida 33549, from the Mini-Mental State Examination, by Marshal F. Folstein, MD and Susan E. Folstein, MD, Copyright 1975, 1998, 2001 and the Mini-Mental State Examination-2, Copyright 2010 by Mini Mental LLC, Inc. Published 2001, 2010 by Psychological Assessment Resources, Inc. Further reproduction is prohibited without permission of PAR, Inc. The MMSE-2 can be purchased from PAR, Inc. by calling (813) 968-3003."

(2) None of the material may be sold, given away, or used for purposes other than those described above. Any creation and/or electronic storage of a database of MMSE-2 languages is a violation of the Copyright of the MMSE-2.

(3) The Forms will be supplied to all persons/sites in hard copy. The form will not be distributed by electronic means (e-mail or website download) to any person/site. Distribution of forms will be in-person or via mail /courier only.

(4) The Forms will not be stored on any portable device, including (but not limited to) CD-ROMS or USB Drives.

16204 N Florida Ave | Lutz, FL 33549 | 813 968 3003 | parinc.com

Creating Connections. Changing Lives. PAR

(5) An accurate count of the total number of administrations using each translation will be kept.

(6) Payment of a royalty/license fee of $273.60 USD ($2.28 USD per copy for 120 copies).

Licensing fees paid to PAR will be payable in US Dollars drawn on a US bank. Any taxes levied on fees by Licensee's government, or fees deducted by Licensee's bank (originating or intermediary) and/or financial institution, shall be paid by Licensee and shall not reduce the amount due to PAR.

(7) One copy of any of the material reproduced will be sent to PAR to indicate that the proper credit line has been used.

TWO COPIES of this Permission Agreement should be signed and returned to me, along with your payment for **$273.60 USD** for the royalty/license fee, to indicate your agreement with the above restrictions. I will then sign it for PAR and return a fully executed copy to you for your records.

Sincerely,

Vicki M. McFadden
Permissions Specialist
vmark@parinc.com

ACCEPTED AND AGREED:

BY: Peera Wongupparaj
DR PEERA WONGUPPARAJ, BA MA PHD

DATE: 8 December 2020

ACCEPTED AND AGREED:

BY: Vicki M McFadden
VICKI M. MCFADDEN

DATE: December 9, 2020
PAYMENT RECEIVED: VISA
PAR CUSTOMER No.: 248563

SIGNATURE OF QUALIFIED INDIVIDUAL REQUIRED:

I hereby certify that I am qualified to use and interpret the results of these tests as recommended in the *Standards for Educational and Psychological Testing*, and I assume full responsibility for the proper use of all materials used per this Agreement.

BY: Peera Wongupparaj

Printed Name: DR PEERA WONGUPPARAJ

สมาคมนักจิตวิทยาคลินิกไทย สำนักวิชาการสุขภาพจิต กรมสุขภาพจิต ถนนติวานนท์ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
โทร 02-5908017 มือถือ 092-7721010 แฟกซ์ 02-1495542 e-mail address:tcpa2021@gmail.com
The Thai Clinical Psychologist Association, Department of Mental Health, Tiwanon Rd., Muang District,
Nonthaburi, Thailand 11000 Tel:+662-5908017 Mobile:+6692-7721010 Fax:+662-1495542
e-mail address:tcpa2021@gmail.com

ที่ สนคท. 64/2564

4 กันยายน 2564

เรื่อง เรียนเชิญเป็นวิทยากร

เรียน คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบตอบรับเป็นวิทยากรโครงการฯ จำนวน 1 แผ่น

ด้วย สมาคมนักจิตวิทยาคลินิกไทยกำหนดจัดโครงการอบรมการใช้แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกด้วยคอมพิวเตอร์แบบบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุไทย ในวันที่ 24 กันยายน 2564 เวลา 10.00-12.00 น. โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก (Mild Cognitive Impairment) การใช้และการแปลผลแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกด้วยคอมพิวเตอร์ในผู้สูงอายุไทย โดยดำเนินการฝึกอบรมในรูปแบบ online

สมาคมนักจิตวิทยาคลินิกไทย จึงขอเรียนเชิญ **ดร.พีร วงศ์อุปราช** ผู้ช่วยคณบดีฝ่ายวิจัย นวัตกรรมและวิเทศสัมพันธ์ บุคลากรในหน่วยงานท่าน เป็นวิทยากรโครงการอบรมการใช้แบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกด้วยคอมพิวเตอร์แบบบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุไทย ในวันที่ 24 กันยายน 2564 เวลา 10.00-12.00 น. โดยไม่ถือเป็นวันลา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตด้วย จะเป็นพระคุณ

ขอแสดงความนับถือ

(นางสุภาวดี นวลมณี)
นายกสมาคมนักจิตวิทยาคลินิกไทย



ที่ อว ๐๔๐๓.๕/๑๖๐๑๑ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ
๑๙๖ ถ.พหลโยธิน จตุจักร กทม. ๑๐๙๐๐

๗ กันยายน ๒๕๖๔

เรื่อง การลงหมายเลขครุภัณฑ์ในโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการ พหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง" ประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๓

เรียน คณบดีวิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

อ้างถึง ๑. สัญญารับทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม สัญญาเลขที่ วช.อว.(อ)(กบง)/๒๑๘/๒๕๖๓ ลงวันที่ ๑๑ กันยายน ๒๕๖๓
๒. หนังสือมหาวิทยาลัยบูรพา ที่ อว. ๘๑๒๔/๐๑๒๓ ลงวันที่ ๓ สิงหาคม ๒๕๖๔

ตามหนังสือที่อ้างถึง ๑ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ได้อนุมัติทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ ๒๕๖๔ จำนวน ๙๔๗,๐๐๐ บาท (เก้าแสนสี่หมื่นเจ็ดพันบาทถ้วน) แก่ มหาวิทยาลัยบูรพา เพื่อทำการวิจัย เรื่อง "การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง" ระยะเวลาการทำวิจัย ๑๘ เดือน (๑๑ กันยายน ๒๕๖๓ ถึง ๑๑ มีนาคม ๒๕๖๕) โดยมี ดร.พีร วงศ์อุปราช สังกัด วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ซึ่งโครงการวิจัยดังกล่าวมีรายการครุภัณฑ์เพื่อการวิจัย จำนวน ๒ รายการ ได้แก่ ๑) แป้นกดตอบกิจกรรมทดสอบทางคอมพิวเตอร์ รุ่น CEDRUS RB-844 และ ๒) เครื่องคัดกรองการได้ยินสำหรับผู้สูงอายุ รุ่น Earscan 3 screening audiometer (ES3S) และได้มีหนังสือขอความอนุเคราะห์ออกเลขทะเบียนรายการเลขครุภัณฑ์ดังกล่าว ความละเอียดแจ้งแล้วตามหนังสือที่อ้างถึง ๒ นั้น

ในการนี้ วช. ได้ดำเนินการออกหมายเลขรายการครุภัณฑ์ดังกล่าวแล้วจำนวน ๒ หมายเลข ดังนี้

ลำดับ	รายการ	หมายเลข
๑	แป้นกดตอบกิจกรรมทดสอบทางคอมพิวเตอร์ รุ่น CEDRUS RB-844	๖๕๑๕-๐๒๑-๐๐๑
๒	เครื่องคัดกรองการได้ยินสำหรับผู้สูงอายุ รุ่น Earscan 3 screening audiometer (ES3S)	๖๕๑๕-๐๒๒-๐๐๒

จึงขอให้ท่านดำเนินการลงหมายเลขครุภัณฑ์ ดังกล่าว ทั้งนี้ ขอให้ท่านจัดทำหลักฐานการออกหมายเลขครุภัณฑ์ดังกล่าว และแจ้งให้ วช. ทราบด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาดำเนินการต่อไปด้วย จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(นางสาววิภารัตน์ ดีอ่อง)
ผู้อำนวยการสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ

กองบริหารทุนวิจัยและนวัตกรรม ๒ ภารกิจการวิจัยและนวัตกรรมของประเทศ ด้านการเตรียมรับสังคมสูงวัย
โทร.๐ ๒๕๖๑ ๓๗๒๑, ๐ ๒๕๖๑ ๒๔๔๕ ต่อ ๔๐๙, ๔๑๐ (พรพิมล/นภาพรรณ)
โทรสาร. ๐ ๒๕๖๑ ๓๗๒๑
E-mail : analyze.parb@nrct.go.th/napapan.n@nrct.go.th
สำเนาถึง : ดร.พีร วงศ์อุปราช สังกัด วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา

สรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 1 หน้ากระดาษ A4 (สำหรับประชาสัมพันธ์)

(ภาคผนวก)

1. **ชื่อผลงาน/โครงการ** การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง
   A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based task and machine learning
2. **ชื่อ - นามสกุล นักวิจัย** ดร.พีร วงศ์อุปราช
   Dr. Peera Wongupparaj
3. **ที่อยู่ที่ติดต่อได้** วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี**เบอร์โทรศัพท์** 061-1207302 **E-mail** peerawong02@gmail.com
4. **ชื่อหน่วยงาน** มหาวิทยาลัยบูรพา
5. **ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการเสร็จ** 2564
6. **คำค้น keyword** การบูรณาการพหุประสาท โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก คลื่นไฟฟ้าสมอง ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง
7. **อ้างอิง** -
8. **รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว**



9. คำอธิบาย 1 หน้ากระดาษ A4 (font Tahoma ขนาด 10 แบบ Regular)

(สรุปรายละเอียดผลงานวิจัย/โครงการวิจัย มีความยาว 1 หน้ากระดาษ A4 เนื้อหาครอบคลุมถึงความสำคัญของงานวิจัยชิ้นนี้ วัตถุประสงค์ วิธีการดำเนินงาน ผลการดำเนินงาน และประโยชน์ของผลงานวิจัย)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทที่ผนวกทั้งคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง และเพื่อทดสอบค่าคุณสมบัติทางจิต (ได้แก่ ความเที่ยงและความตรง) ของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น ตัวโปรแกรมคัดกรองฯ ประกอบด้วยกิจกรรมทดสอบทางคอมพิวเตอร์ 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมทดสอบทางการมอง การได้ยิน และบูรณาการพหุประสาทก ลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ประกอบไปด้วยผู้สูงอายุในชุมชนในเขตอำเภอเมืองชลบุรี จำนวน 120 คน แบ่งออกเป็น ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกจำนวน 60 คน และผู้สูงอายุกลุ่มปกติจำนวน 60 คน ผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกถูกคัดกรองด้วยแบบวัดมาตรฐาน MMSE-2 ฉบับภาษาไทย แบบสอบถามความจำรำพัน และแบบประเมินกิจวัตรประจำวันขั้นพื้นฐานและที่ต้องใช้เครื่องมือช่วย กลุ่มตัวอย่างผู้สูงอายุทั้ง 120 คน ถูกบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเครื่อง SynAmps RT 64-Channel Amplifier (Compumedics Neuroscan) ซึ่งให้ค่าพลังงานสัมพัทธ์ของคลื่นไฟฟ้าสมองและศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์

สถิติที่ใช้ในการทดสอบความเที่ยงและความตรง ได้แก่ ANOVA ค่า Cronbach's alpha และขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง 4 แบบ (ได้แก่ แบบ random forest แบบ linear support vector classification แบบ k-nearest neighbors และ แบบ neural network) ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าพารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมและคลื่นไฟฟ้าสมองจากกิจกรรมทดสอบทั้ง 3 มีความเที่ยงในระดับสูงมาก (>.90) นอกจากนี้พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุทั้งสองกลุ่มได้ดีกว่าพารามิเตอร์เชิงคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองแบบ (พลังงงานสัมพัทธ์และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์) พารามิเตอร์เชิงพฤติกรรมสามารถจำแนกผู้สูงอายุกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกออกจากกลุ่มปกติได้แม่นยำร้อยละ 90 ขณะที่พลังงานสัมพัทธ์แม่นยำร้อยละ 76.67 และศักย์ไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์แม่นยำร้อยละ 56.67 สุดท้ายโปรแกรมคัดกรองฯ ที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 3 กิจกรรมทดสอบ และแบ่งออกเป็น 2

ช่วงได้แก่ ช่วงฝึกตอบและทดสอบจริง ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบโดยเฉลี่ยต่อคนน้อยกว่า 15 นาที โดยโปรแกรมคัดกรองฯ ใช้ขั้นตอนวิธีของการเรียนรู้ของเครื่องแบบ neural network ในการแปลผลคะแนนทันที และยังสามารถใช้ร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้อีกด้วย

สรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 5 บรรทัด

(สำหรับเผยแพร่ในระบบ EXPLORE ผ่านทางเว็บไซต์ www.thai-explore.net)

(ภาคผนวก)

1. **ชื่อผลงาน/โครงการ** การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง
   A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based task and machine learning
2. **ชื่อ - นามสกุล นักวิจัย** ดร.พีร วงศ์อุปราช
   Dr. Peera Wongupparaj
3. **ที่อยู่ที่ติดต่อได้** วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี
   เบอร์โทรศัพท์ 061-1207302 **E-mail** peerawong02@gmail.com
4. **ชื่อหน่วยงาน** มหาวิทยาลัยบูรพา
5. **ปี พ.ศ. ที่ดำเนินการเสร็จ** 2564
6. **คำค้น keyword** การบูรณาการพหุประสาท โปรแกรมคัดกรองทางคอมพิวเตอร์ ภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก คลื่นไฟฟ้าสมอง ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง
7. **อ้างอิง** -
8. **รูปภาพ หรือภาพเคลื่อนไหว**





9. คำอธิบาย 5 บรรทัด (font Tahoma ขนาด 10 แบบ Regular)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกโดยอิงความสามารถในการบูรณาการภาพและเสียงของผู้สูงอายุเป็นแนวคิดหลัก และเพื่อทดสอบโปรแกรมคัดกรองฯ ที่สร้างขึ้นนี้ งานวิจัยนี้มีผู้เข้าร่วมโครงการจำนวน 120 คนแบ่งเป็นผู้สูงอายุปกติ 60 คนและกลุ่มเสี่ยงภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรก 60 คนเช่นกัน ผลการวิจัยพบว่าผู้สูงอายุใช้เวลาทำประมาณ 15 นาที ผลการทดสอบพบว่าโปรแกรมมีความแม่นยำในการจำแนกผู้สูงอายุปกติออกจากกลุ่มเสี่ยงฯ 90% โปรแกรมคัดกรองฯ นี้มีจุดเด่นทั้งเรื่องการใช้การเรียนรู้ของเครื่องและเชื่อมต่อกับเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้อีกด้วย

10. นำเข้าข้อมูลสรุปผลงานวิจัย/โครงการวิจัย 5 บรรทัด ในระบบ EXPLORE ผ่านทางเว็บไซต์

www.thai-explore.net

สรุปงานวิจัยในรูปแบบ info graphic (ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ)

(ภาคผนวก)

1. **ตราสัญลักษณ์ของ วช. และหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง**
2. **ชื่อผลงาน/โครงการ** การพัฒนาแบบคัดกรองภาวะสมองเสื่อมระยะเริ่มแรกแบบรวดเร็วและบูรณาการพหุประสาทในผู้สูงอายุในชุมชนเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออกด้วยคลื่นไฟฟ้าสมองและการเรียนรู้ของเครื่อง

   A development of multisensory integration and rapid mild cognitive impairment screening test in EEC community-dwelling older adults using EEG-based task and machine learning
3. **ชื่อ - นามสกุล นักวิจัย** ดร.พีร วงศ์อุปราช

   Dr. Peera Wongupparaj
4. **E-mail** peerawong02@gmail.com
5. **ชื่อหน่วยงาน** วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา
6. **ประมวลผลงานวิจัยสรุปเป็นภาพ info graphic ในรูปแบบต่างๆ อย่างสร้างสรรค์ที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ**



ประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) พีร วงศ์อุปราช

ชื่อ-นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Peera Wongupparaj

2. ตำแหน่ง

อาจารย์ประจำ

3. สถานที่ทำงาน

วิทยาลัยวิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา มหาวิทยาลัยบูรพา 169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข อ.เมืองชลบุรี จ.ชลบุรี 20131

โทรศัพท์ 0-3810-2077-78 ต่อ 122

โทรศัพท์เคลื่อนที่ 061-120-7302

อีเมล peera.wo@go.buu.ac.th หรือ peerawong02@gmail.com

4. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี ศิลปศาสตรบัณฑิต (ศศ.บ.) จิตวิทยา (จิตวิทยาคลินิก) มหาวิทยาลัยนเรศวร ประเทศไทย (2548) เกียรตินิยมอันดับ 1 เหรียญทอง

ปริญญาโท ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต (ศศ.ม.) อาชญาวิทยาและงานยุติธรรม มหาวิทยาลัยมหิดล ประเทศไทย (2550)

ปริญญาเอก Doctor of Philosophy (Ph.D.) in Psychology (Cognitive Neuroscience) Institute of Psychiatry, Psychology, and Neuroscience, King's College London, England (2559)

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญ

5.1 การวัด วิเคราะห์ และแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมองด้วยเทคนิค EEGs และ ERPs

5.2 การพัฒนาแบบคัดกรอง และจิตมิติ (Psychometrics)

5.3 การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงและอภิวิเคราะห์ (Multivariate analysis and meta-analysis)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

6.1 โครงการวิจัยความชาชินจากการเผชิญความรุนแรงใน 3 จังหวัดชายแดนใต้: ความสัมพันธ์ระหว่างความรุนแรงในชุมชนและองค์ประกอบทางปัญญา ทางอารมณ์ และพฤติกรรมก้าวร้าว ปี 2553 แหล่งทุน ทุนพัฒนาบุคลากรด้านการวิจัย มหาวิทยาลัยธนบุรี

6.2 โครงการวิจัย: A Cross-Temporal Meta-Analysis of Raven's Progressive Matrices: Age groups and developing versus developed countries ปี 2558 แหล่งทุน the Biomedical Research Centre for Mental Health at the Institute of Psychiatry, King's College London, and the South London and Maudsley NHS Foundation Trust

6.3 โครงการวิจัย: Executive function processes mediate the impact of working memory impairment on intelligence in schizophrenia ปี 2558 แหล่งทุน the Biomedical Research Centre for Mental Health at the Institute of Psychiatry, King's College London, and the South London and Maudsley NHS Foundation Trust

6.4 โครงการวิจัย: The Flynn effect for verbal and visuospatial short-term and working memory: a cross-temporal meta-analysis ปี 2560 แหล่งทุน the Biomedical Research Centre for Mental Health at the Institute of Psychiatry, King's College London, and the South London and Maudsley NHS Foundation Trust

6.5 โครงการวิจัย: การศึกษาเชิงจิตประสาทวิทยาและการพัฒนาแบบคัดกรองเน้นกระบวนการทางปัญญาในเด็กที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางการเรียนรู้ด้านคณิตศาสตร์ ปี 2561-62 แหล่งทุน สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.)

7. ประวัติการตีพิมพ์ (ย้อนหลัง 5 ปี)

วิทวัส เพ็ญภู่, ทิวาวรรณ ศรีสวัสดิ์, ปิยะทิพย์ ประดุจพรม และพีร วงศ์อุปราช. (2564). การพัฒนาแบบทดสอบทักษะการกำกับอารมณ์สำหรับนิสิตระดับปริญญาตรี.

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 11(1), 182-193

อารีย์ หาญสมศักดิ์กุล, ปิยะทิพย์ ประดุจพรม และพีร วงศ์อุปราช. (2564). การเพิ่มความจำขณะคิดสำหรับเด็กปฐมวัยที่เสี่ยงต่อภาวะความบกพร่องทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรมส่งเสริมพัฒนาการทางตัวเลขร่วมกับปัญญาสมานกาย. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี , 15*(2), 50-65.

Boun, K., Makmee, P., & Wongupparaj, P. (2563). Development of multilevel confirmatory factor analysis of 21st Century Skills Model for Undergraduate Students in Cambodia. *วารสารการวัดผลการศึกษา, 37*(102), 230-239.

ณัฐินี ณ เชียงใหม่ และพีร วงศ์อุปราช. (2563). เครื่องมือคัดกรองภาวะสมองเสื่อมในผู้สูงอายุชาวไทย: การทบทวนวรรณกรรมอย่างเป็นระบบ. *วารสารสุขภาพจิตแห่งประเทศไทย, 28*(3), 252-265.

จุฑาทิพย์ โพธิ์ทิ, พีร วงศ์อุปราช และปริญญา เรืองทิพย์. (2563). การเพิ่มความสามารถในการกำกับอารมณ์ของวัยรุ่นโดยการฝึกความจำขณะทำงานตามหลักการวิเคราห์การเคลื่อนไหวร่างกายแบบลาบาน. *วารสารเซนต์จอห์น, 23*(33), 80-98.

วรัญญภรณ์ ชาลีรักษ์, ภัทราวดี มากมี และพีร วงศ์อุปราช. (2562). การพัฒนาแบบประเมินหน้าที่การบริหารจัดการของสมองฉบับภาษาไทยสำหรับเด็กสมาธิสั้น. *Veridian E-Journal, Silpakorn University: Humanities, Social Sciences and Arts, 12*(3), 663-680.

วชิรา แสนโกศิก, ภัทราวดี มากมี และพีร วงศ์อุปราช. (2562). การเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้านการรู้จักและเข้าใจตนเองของนักเรียนระดับประถมศึกษาด้วยแอปพลิเคชันฝึกการรู้จักและเข้าใจตนเอง: การศึกษาเชิงพฤติกรรม. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 17*(1), 48-66.

จิรวุฒิ หลอมประโคน, สิริกรานต์ จันทเปรมจิตต์ และพีร วงศ์อุปราช. (2562). อิทธิพลของปัจจัยด้านการออกแบบป้ายฉลากบรรจุภัณฑ์ต่อพฤติกรรมการซื้อของผู้บริโภค: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองสัมพันธ์กับเหตุการณ์. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา*, *17*(1), 15-32.

รชมน สุขชุม, เสรี ชัดแช้ม และพีร วงศ์อุปราช. (2562). การพัฒนาระบบคลังข้อความภาษาไทยบรรทัดฐานด้านอารมณ์ความรู้สึก. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 16*(2), 145-160.

สุวภา บุญอุไร, ปิยทิพย์ ประดุจพรม และพีร วงศ์อุปราช. (2562). การพัฒนามาตรวัดการเข้าใจความรู้สึกของผู้อื่นของเด็กปฐมวัยในจังหวัดชลบุรี. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี, 29*(3), 55-65.

พัชราภัณฑ์ ไชยสังข์, เสรี ชัดแช้ม, พีร วงศ์อุปราช และกนก พานทอง. (2561). อิทธิพลของความแตกต่างระหว่างเพศและบุคลิกภาพที่มีต่อคำภาษาไทยและเสียงดิจิทัลที่เร้าอารมณ์ด้านความประทับใจในผู้ใหญ่ตอนต้น. *วารสารพยาบาลและการศึกษา, 11*(4), 66-80.

นิภาพร อางควนิช, เสรี ชัดแช้ม, พีร วงศ์อุปราช และกนก พานทอง. (2561). อิทธิพลของความแตกต่างระหว่างเพศและบุคลิกภาพที่มีต่อคำภาษาไทยและเสียงดิจิทัลที่เร้าอารมณ์ด้านการมีอิทธิพลในผู้ใหญ่ตอนต้น: การศึกษาเชิงพฤติกรรม. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยกรุงเทพธนบุรี, 7*(2), 203-216.

ศราวุธ ราชมณี, สุชาดา กรเพชรปาณี และพีร วงศ์อุปราช. (2561). การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ประเมินภาวะซึมเศร้าแบบพหุกิจกรรมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองสำหรับวัยรุ่นไทย. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 16*(1), 162-178.

จันทร์เพ็ญ งามพรม, เสรี ชัดแช้ม และพีร วงศ์อุปราช. (2561). การพัฒนาระบบคลังคำภาษาไทยบรรทัดฐานด้านอารมณ์ความรู้สึก. *วิทยาการวิจัยและวิทยาการปัญญา, 15*(2), 162-178.

อเนก พุทธิเดช, พีร วงศ์อุปราช และสุชาดา กรเพชรปาณี. (2561). การเพิ่มความจำตามแผนผู้สูงอายุโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกสมองที่บูรณาการฝึกกระบวนการร่วมกับการฝึกกลยุทธ์ทางปัญญา. *วารสารบรรณศาสตร์ มศว, 11*(1), 159-175.

Wongupparaj, P., & Kadosh, R. C. (2022). Relating mathematical abilities to numerical skills and executive functions in informal and formal schooling. *BMC Psychology, 10*(1), 27. https://doi.org/10.1186/s40359-022-00740-9

Muensriphum, C., Makmee, P., & Wongupparaj, P. (2021). Cross-Cultural Competence - A Crucial Factor That Affects Chinese Corporations' Business Performance in The Eastern Special Development Zone of Thailand. *ABAC Journal, 41*(4), 175-197.

Ratchamanee, S. & Wongupparaj, P. (2021). Resting-state EEG datasets of adolescents with mild, minimal, and moderate depression. *BMC Research Notes, 14*, 256. https://doi.org/10.1186/s13104-021-05673-x

Duangpatra, P., Bunlikhitsiri, B., & Wongupparaj, P. (2021). The competency in using smartphones of the homebound older adult, *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, *15*(09), 136-153. https://doi.org/10.3991/ijim.v15i09.20885

Wongupparaj, P., Wongupparaj, R., Kumari, V., & Morris, R. G. (2020). Verbal and visuospatial short-term and working memory data across a 43-year period (1973–2016) worldwide: Flynn and anti-Flynn effects. *Data in Brief 29,* 105231, https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105231

Wongupparaj, P., Kumari, V., & Morris, R. G. (2020). IQ score gains over 65 years worldwide: Cross-temporal meta-analysis datasets. *Data in Brief 28*, 104884, https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104884

Ammawat, W., Attanak, A., Kornpetpanee, S., & Wongupparaj, P. (2019). Pre-schoolers' visual perception and attention networks influencing naming speed: An individual difference perspective. *Heliyon, 5*(10), e02587, doi: 10.1016/j.heliyon. 2019.e02587

Wongupparaj, P., Sumich, A., Wickens, M., Kumari, V., & Morris, R. G. (2018). Individual differences in working memory and general intelligence indexed by P200 and P300: A latent variable model. *Biological Psychology, 139,* 95-105, doi: 10.1016/j.biopsycho.2018.10.009

Wongupparaj, P., Wongupparaj R., Kumari, V., & Morris, R. G. (2017). The Flynn effect for verbal and visuo-spatial working memory: A cross-temporal meta-analysis. *Intelligence, 64*, 71-80, doi: 10.1016/j.intell.2017.07.006