บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องผลของการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าที่มีต่อเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและหน้าที่บริหารจัดการของสมองในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น: การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมอง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งการนำเสนอผลการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องออกเป็น 4 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

1.2 ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

1.3 พัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

1.4 การวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

1.5 การพัฒนาความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

ตอนที่ 2 หน้าที่บริหารจัดการของสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมายของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

2.2 องค์ประกอบของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

2.3 พัฒนาการของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

2.4 แบบทดสอบ Madrid Card Sorting Test

ตอนที่ 3 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 กลไกการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.2 วิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.3 ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง

ตอนที่ 4 การออกกำลังกายและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ความหมายของการออกกำลังกาย

4.2 สมรรถภาพทางกาย

4.3 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกกำลังกาย

4.4 ประเภทของการออกกำลังกาย

4.5 การฝึกการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

4.6 ประโยชน์ของการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 1 เชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความหมายของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเป็นหนึ่งในเชาวน์ปัญญาทั่วไป (General Intelligence: G) ที่เสนอโดยแคทเทลล์ (Cattell, 1971, pp. 5-12) โดยมีแนวคิดมาจากทฤษฎีเชาวน์ปัญญาสององค์ประกอบที่เสนอโดยสเปียร์แมน (Sperman, 1927 cited in Sternberg, 1994) เชาวน์ปัญญาสององค์ประกอบประกอบด้วย องค์ประกอบทั่วไปที่มีเพียงหนึ่งเดียวเท่านั้น และองค์ประกอบเฉพาะซึ่งประกอบด้วยความสามารถในด้านต่าง ๆ แต่เมื่อแคทเทลล์ศึกษาโดยวิเคราะห์ความสามารถต่าง ๆ จึงได้เสนอเชาวน์ปัญญาทั่วไปมี 2 ส่วนได้แก่ เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและเชาวน์ปัญญาเชิงตกผลึก

แคทเทลล์ (Cattell, 1971, pp. 1-5) ได้นิยามเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล เป็นความสามารถเชิงวิเคราะห์ ความสามารถนี้ติดตัวมาแต่กำเนิด ซึ่งแต่ละคนจะแตกต่างกันไป ความสามารถนี้จะแทรกอยู่ในทุก ๆ อิริยาบถของกิจกรรมทางสมองที่เป็นการคิดและการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ใหม่ ๆ ในบริบทที่แปลกจากที่คุ้นเคย นำไปสู่การสร้างกรอบความคิดขึ้นอย่างฉับพลัน เป็นเชาว์ปัญญาที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และวัฒนธรรม

วูดค็อค และมาเทอร์ (Woodcock & Mather, 1990 cited in Salthouse, Pink & Tucker-Drob, 2008, pp. 466-467) ได้เสนอว่า เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเป็นความสามารถในการให้เหตุผล วิธีการวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลที่ดีที่สุดควรเป็นกิจกรรมที่เป็นสิ่งใหม่ ๆ ไม่เคยทำมาก่อน

คาฟแมน และคาฟแมน (Kaufman & Kaufman, 1998 cited in Salthouse et al., 2008, p. 480) ให้ความหมายเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่สามารถใช้ความรู้จากการเรียนมาแก้ปัญหาได้ แบบทดสอบเพื่อวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลควรมีลักษณะที่คนที่อยู่ในวัฒนธรรมใดก็สามารถทำได้

สรุปได้ว่าเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยใช้การคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผล ไม่ต้องอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมที่ผ่านมา และความแตกต่างทางวัฒนธรรมไม่มีผลต่อเชาวน์ปัญญาด้านนี้

1.2 ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

ทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับเชาวน์ปัญญามีอยู่ด้วยกันหลายทฤษฎี แต่ที่ยอมรับและใช้กันแพร่หลายเพราะอธิบายได้ครอบคลุมคือ ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและเชาวน์ปัญญาเชิงตกผลึกของแคทเทลล์ นอกจากนี้ยังได้มีการนำเทคนิคที่ทันสมัยมาใช้ศึกษาการทำงานของสมอง ทำให้ทราบตำแหน่งสมองและกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองซึ่งเกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล นักวิจัยที่ศึกษาเชาวน์ปัญญาในสาขาประสาทวิทยา ได้ตั้งเป็นทฤษฎีการทำงานร่วมกันของสมองส่วนพาไรเอทัลและสมองส่วนหน้าที่เกี่ยวกับเชาวน์ปัญญา (Parieto- Frontal Integration Theory of Intelligence: P- FIT Theory)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.2.1 ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของแคทเทลล์ (Cattell's Theory of Fluid and Crystallized Intelligence) แคทเทลล์ (Cattell, 1971, pp. 9-12) ได้เสนอทฤษฎีเชาวน์ปัญญาครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1963 โดยทฤษฎีนี้ได้จากการบูรณาการผลการศึกษาเกี่ยวกับเชาวน์ปัญญาที่มีมาก่อน ซึ่งมี 6 ประการ ได้แก่

ประการแรก ได้จากการศึกษาแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านการรับรู้ที่มีความเป็นอิสระทางเนื้อหา ซึ่งต่อมากลายเป็นแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาที่มีความเสมอภาคทางวัฒนธรรมในห้องปฏิบัติการของ Spearman

ประการที่สอง จากการทดลองใช้แบบทดสอบเชาวน์ปัญญาด้านการรับรู้อย่างกว้างขวาง ได้ข้อบ่งชี้ที่ยืนยันได้ว่า ความสามารถในการทำแบบทดสอบการรับรู้นี้จะคงที่เมื่อช่วงอายุหนึ่ง คือ ประมาณ 16-17 ปี และจะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น ซึ่งต่างจากแบบสอบวัดเชาว์ปัญญาทั่ว ๆ ไปที่ใช้ในโรงเรียน

ประการที่สาม ได้จากการวิเคราะห์แบบสอบของ Thurstone ในปี ค.ศ 1938 โดยใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบลำดับที่สอง (Second Order Factor Analysis) ผลที่ได้คือ ความสามารถปฐมภูมิ ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่เกิดจากการตัดสินใจที่ค่อนข้างเป็นอัตนัย เนื่องจากในขณะนั้นไม่มีเทคนิคทางสถิติที่ดีพอที่จะทำการวิเคราะห์ว่าตัวประกอบควรมีจำนวนเท่าใด และในปีนี้เองที่แคทเทลล์ ได้เสนอทฤษฎีเชาวน์ปัญญาขึ้น

ประการที่สี่ จากผลการใช้แบบสอบถามที่มีความเสมอภาคทางวัฒนธรรมของแคทเทลล์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการนำแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลไปใช้ในทางปฏิบัติเป็นครั้งแรก ผลปรากฏว่าส่วนเบี่ยงเบนของระดับเชาวน์ปัญญาของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล มีค่าประมาณ 24 ซึ่งต่างจากแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาตามแบบธรรมดาทั่วไป ที่จะให้ค่าเบี่ยงเบนระดับเชาวน์ปัญญาประมาณ 15 หรือ16

ประการที่ห้า จากการศึกษาเชาวน์ปัญญาในแง่สรีรวิทยาพบว่า การบาดเจ็บของสมองมีผลต่อความสามารถในการทำแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาตามแบบธรรมดาทั่วไป โดยเฉพาะแบบทดสอบด้านการปฏิบัติ เช่น คนที่ได้รับบาดเจ็บของสมองส่วนโบครา (Broca) จะมีผลทำให้สูญเสียความสามารถทางด้านภาษา แต่ไม่มีผลต่อความสามารถด้านตัวเลขและมิติสัมพันธ์ นอกจากนี้ยังพบว่าการลดลงของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลตามอายุสัมพันธ์กับการเสื่อมของเซลล์ประสาทบริเวณสมองส่วนหน้า

ประการสุดท้าย ได้จากการศึกษาระดับคะแนนความสามารถทั่วไป ซึ่งคะแนนจะมีจุดเปลี่ยนโค้งเมื่ออายุประมาณ 20 ปีต้น ๆ และดำเนินไปจนถึงอายุ 65 ปี จุดเปลี่ยนโค้งดังกล่าวมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนในแบบทดสอบสองชนิดคือ แบบทดสอบวัฒนธรรมเสมอภาคหรือแบบทดสอบการรับรู้ จะมีการลดลงอย่างสม่ำเสมอจากอายุ 20-25 ปี ส่วนอีกฉบับคือ แบบทดสอบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความสามารถด้านภาษา ตัวเลข เชิงกล จะตรงกันข้ามกับแบบแรกคือ ยังมีอัตราการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหลังอายุ 20-25 ปี และการเพิ่มขึ้นจะดำเนินไปตลอดชีวิต

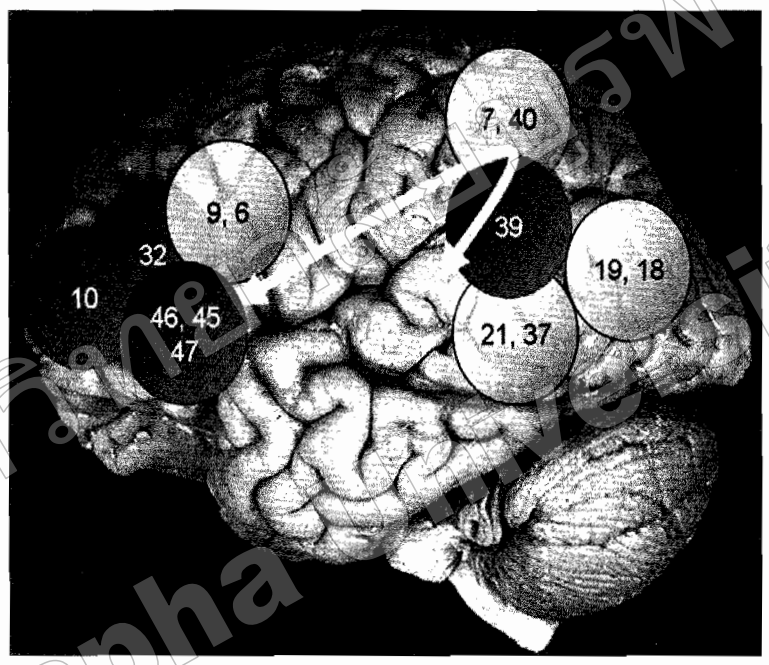
ทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของแคทเทลล์ จึงเกิดจากการรวบรวมหลักฐานที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้ โครงสร้างเชาวน์ปัญญาของแคลเทลล์ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล (Fluid Intelligence: Gf) หรือเชาวน์ปัญญาที่เป็นอิสระจากการเรียนรู้และประสบการณ์ หมายถึงความสามารถที่ติดตัวมาตั้งแต่กำเนิด เป็นความสามารถเชิงวิเคราะห์ ผู้ที่มีความสามารถทางด้านนี้สูงจะสามารถทำงานชนิดต่าง ๆ ได้ดี ความสามารถด้านนี้จะแทรกอยู่ในทุก ๆ อิริยาบถของกิจกรรมที่เป็นการคิดและแก้ปัญหา เช่น การให้เหตุผล การอุปมานการอนุมาน การมองหาความสัมพันธ์ ความสามารถเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงอนุกรมภาพ

2. เชาวน์ปัญญาเชิงตกผลึก (Crystallized Intelligence: Gc) หรือเชาวน์ปัญญาที่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และการเรียนรู้ เป็นความสามารถที่ได้มาจากสิ่งที่ผ่านเข้ามาในชีวิต เช่น ความเข้าใจภาษา เข้าใจตัวเลข ความสามารถในการประเมินผล หรือประเมินค่าความสามารถนี้ถ้าได้รับการฝึกก็จะเพิ่มขึ้นได้

1.2.2 ทฤษฎีการทำงานร่วมกันของสมองส่วนพาไรเอทัลและสมองส่วนหน้าที่เกี่ยวข้องกับเชาว์ปัญญา (Parieto- Frontal Integration Theory of Intelligence: P- FIT Theory) จุง และไฮเออร์ (Jung & Haier, 2007) ศึกษาและรวบรวมงานวิจัยที่ใช้เทคนิควิธีการสร้างภาพสมอง (Neuroimaging Paradigm) ในการศึกษาโครงสร้างหน้าที่ของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญา จำนวน 37 งานวิจัย พบว่า มีเครือข่ายการทำงานของสมองที่ทำงานร่วมกันขณะที่ทำกิจกรรมที่ใช้เหตุผล ซึ่งต้องอาศัยเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล จุง และไฮเออร์ได้เสนอทฤษฎีการทำงานร่วมกันของสมองส่วนพาไรเอทัลและสมองส่วนหน้าที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญา เพื่ออธิบายเครือข่ายการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญา โดยอธิบายตามตำแหน่งของสมองตามพื้นที่บรอดแมน (Brodmann Area: BA) มีการทำงานร่วมกันระหว่างเปลือกสมองส่วนพาไรเอทัล (Parietal Lobe) และส่วนหน้า (Frontal Lobe) โดยเชื่อมต่อกันผ่านทางเนื้อสมองสีขาว (White Matter) ได้แก่ อาร์คูเอท (Arcuate Fasciculus) และเส้นใยประสาทที่ทอดตามแนวยาวทางด้านหน้า (Superior Longitudinal Fasciculus) การทำงานที่เชื่อมโยงเป็นเครือข่ายอธิบายเป็นลำดับขั้น โดยเริ่มจากเมื่อมีสิ่งกระตุ้นหรือมีข้อมูลจากภายนอกทั้งจากการมองเห็นหรือจากการได้ยินผ่านเข้ามา เปลือกสมองส่วนขมับ (Temporal Lobe) และส่วนหลัง (Occipital Lobe) จะรับสัญญาณที่ส่งเข้ามา จากนั้นส่วนเอ็กทราสไตเอท (Extrastriate Cortex) ประกอบด้วย BA 18 และ 19 ฟิวซิฟรอม (Fusiform Gyrus: BA 37) ที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับภาพการแปลผลสิ่งที่เห็น และบริเวณเวอร์นิเค แอเรีย (Wernicke's Area: BA 22) ที่เกี่ยวข้องกับการได้ยินจะรับข้อมูลต่อเพื่อทำการประมวลกระบวนการรับรู้จะเกิดขึ้นที่บริเวณสมองส่วนพาไรเอทัล โดยเฉพาะที่บริเวณซูปามาจินอล Superiormaginal: BA 40) ซูพิเรีย พาไรเอทัล (Superior Parietal: BA 7)

และแองกูรา (Angular Gyri: BA 39) ต่อจากนั้นจะมีการส่งสัญญาณระหว่างสมองส่วนพาไรเอทัลไปยังสมองส่วนหน้า (BA 6, 9, 10, 45- 47) ซึ่งเป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา นอกจากนี้ยังส่งต่อข้อมูลไปบริเวณซิงกูเรท (BA 32) เป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องกับความตั้งใจหรือเลือกที่จะตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่เฉพาะพร้อมกับตัดสิ่งกระตุ้นที่ไม่เกี่ยวข้องออกไป การส่งสัญญาณประสาทไปยังสมองส่วนหน้านี้ต้องอาศัยเนื้อสมองสีขาวซึ่งอยู่ด้านในทำหน้าที่ส่งสัญญาณ การส่งสัญญาณจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าก็ขึ้นอยู่กับการทำงานบริเวณนี้ ดังภาพที่ 2



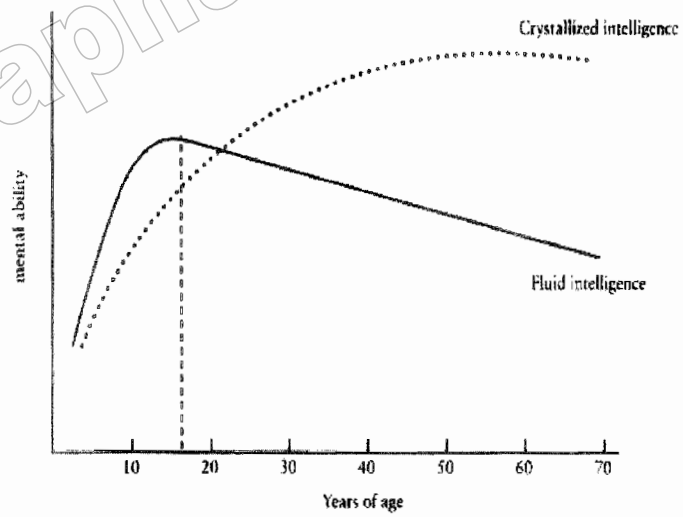
ภาพที่ 2 ตำแหน่งของสมองตามบรอดแมน แอเรีย ที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล (Jung & Haier, 2007)

จากการศึกษาทฤษฎีเชาวน์ปัญญาทั้งในด้านจิตวิทยาระบบประสาท (Neuropsychology) และประสาทวิทยา (Neuroscience) สรุปได้ว่า เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน ในสถานการณ์ใหม่ ๆ อาศัยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การให้เหตุผลทั้งอุปมานและอนุมาน การสร้างกรอบแนวคิด การจำแนกจัดประเภท โดยที่ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมีผลต่อความสามารถนี้น้อยมาก และเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้าโดยเฉพาะบริเวณเปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัลและซินกูเลทด้านหน้า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.3 พัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

จากการศึกษาของแคทเทลล์โดยใช้แบบทดสอบความสามารถเชาวน์ปัญญาทั่วไปวัดความสามารถพบว่า ความสามารถทางด้านเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลคงที่เมื่อช่วงอายุประมาณ 16-17 ปี และจะลดลงเรื่อย ๆ ตามอายุที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่เชาวน์ปัญญาเชิงตกผลึกยังคงเพิ่มขึ้นตามอายุ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า พัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเริ่มปรากฏตั้งแต่วัยเด็กอายุประมาณ 2- 3 ปี และพัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงวัยเด็กตอนต้น และตอนกลาง เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นมีการพัฒนาช้าลง จนกระทั่งเข้าสู่วัยผู้ใหญ่ตอนต้นเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเริ่มลดลง (McArdel, Ferrer-Caja, Hamagami, & Woodcock, 2002, p. 113) (ภาพที่ 3) และจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการส่งข้อมูลในสมอง (Speed of Processing) กับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลโดยศึกษาระยะยาวติดต่อกันเป็นเวลา 4 ปี ชี้ให้เห็นว่า วัยผู้ใหญ่โดยเฉพาะในช่วงผู้ใหญ่ตอนปลายจะมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลสัมพันธ์กับการลดลงของความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล (r= .53) และถ้าควบคุมตัวแปรความเร็วในการส่งข้อมูลพบว่า อายุจะไม่สัมพันธ์กับคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล นอกจากนี้การศึกษาการทำงานของสมองยังพบว่าเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลที่ลดลงตามอายุนั้นสัมพันธ์กับสมองส่วนหน้าที่มีการทำหน้าที่ลดลงด้วย มีหลักฐานยืนยันชัดเจนว่า สมองส่วนหน้าเป็นบริเวณแรกที่ถูกกระทบและเสื่อมไปตามอายุ เมื่ออายุมากขึ้นเซลล์ประสาทบริเวณนี้จะลดลงและปริมาณเลือดที่ไปเลี้ยงสมองบริเวณนี้ก็ลดลงด้วย



ภาพที่ 3 พัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลและเชาว์ปัญญาเชิงตกผลึก (McArdel et al., 2002)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แมคอาร์เดล และคณะ (McArdle et al., 2002, pp. 115-118) ได้ศึกษาระยะยาวติดต่อกันเป็นเวลา 12 ปี (ค.ศ.1988-1999) โดยใช้แบบสอบเชาวน์ปัญญา Woodcock-John-Revised (WJ-R) ทดสอบกลุ่มตัวอย่างจำนวน 6,400 คน และทดสอบซ้ำในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 1,100 คน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คะแนนเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงสุดที่อายุเฉลี่ย 20.8 ปี และลดลงเรื่อยๆ จนอายุ 45 ปี ซึ่งตรงกันข้ามกับคะแนนเชาวน์ปัญญาเชิงตกผลึก สูงสุดที่อายุ 36 ปี จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และคงที่ที่อายุ 71 ปี ส่วนความจำระยะสั้นเริ่มลดลงเมื่ออายุ 48 ปี และความจำระยะยาวเริ่มลดลงเมื่ออายุ 37 ปี

1.4 การวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

แบบทดสอบทางจิตวิทยาที่ใช้วัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลมีอยู่หลากหลาย ทั้งแบบกระดาษ และทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ แต่ปัจจุบันนักวิจัยที่สนใจศึกษากระบวนการทางสมองขณะทำกิจกรรมที่ใช้เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ได้นำเทคนิคและวิธีการวัดตำแหน่งและการทำงานของสมองมาใช้ ซึ่งเป็นการวัดทางชีววิทยา ทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากขึ้น

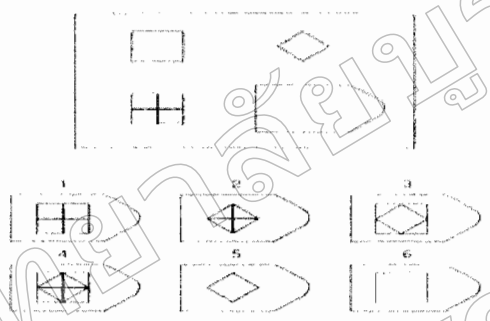
1.4.1 การวัดทางจิตวิทยา วิธีดั้งเดิมที่ใช้กันคือ แบบทดสอบเชาวน์ปัญญา ได้แก่ แบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซิส ของราเวน (Raven Progressive Matrices Test: RPMT) แบบทดสอบวัฒนธรรมเสมอภาคของแคทเทล (Cattell's Culture Fair Intelligence Test) และแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาของเวคสเลอร์ สำหรับผู้ใหญ่ (Wechsler Adult Intelligence Scale: WAIS) แบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซิส เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นโดย เจ ซี ราเวน (J.C. Raven) เมื่อ ค.ศ. 1936-1938 ตามทฤษฎีเชาวน์ปัญญาของสเปียร์แมน (Spearman) จากการศึกษาของเลยน์ และคณะ (Lynn, Allik, & Irwing, 2004, p. 411) ที่ใช้แบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซีส ประเมินเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลของวัยรุ่นอายุ 12-18 ปี จำนวน 2,735 คน แสดงให้เห็นว่า สามารถประเมินเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลได้ตรง และจำแนกความแตกต่างระหว่างเพศได้ แบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซีสเป็นแบบสอบที่ไม่ใช้ภาษา (Nonverbral) แต่จะใช้รูปภาพเป็นสิ่งเร้าให้ตอบ ลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นรูปทรงเรขาคณิต ข้อปัญหาแต่ละข้อเป็นอนุกรมเมทริกลวดลายต่าง ๆ ปัญหาแต่ละข้อจะมีส่วนที่ขาดหายไป ผู้รับการทดสอบจะต้องเลือก 1 ตัวเลือก จาก 6-8 ตัวเลือก (ภาพที่ 4) แบบสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซีส มีด้วยกัน 3 แบบคือ

1.4.1.1 Standard Progressive Matrices (SPM) แบบทดสอบฉบับนี้แบ่งออกเป็น 5 ชุด (A, B, C, D และ E) ชุดละ 12 ข้อ รวมทั้งหมด 60 ข้อ แต่ละชุดเริ่มจากข้อง่ายไปหาข้อยากตามลำดับ เป็นแบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา ใช้กับบุคคลอายุตั้งแต่ 6 ปีขึ้นไป แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผล โดยอาศัยการเทียบเคียง การรับรู้มิติสัมพันธ์ เพื่อนำมาใช้เป็นข้อสรุปในการตอบ คะแนนที่ได้จะประเมินระดับเชาวน์ปัญญาเป็นระดับปัญญาทึบ ระดับเฉลี่ย และระดับฉลาด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1.4.1.2 Colored Progressive Matrices (CPM) แบบทดสอบฉบับนี้เป็นฉบับสีสำหรับเด็ก ผู้ใหญ่ปัญญาอ่อน และผู้สูงอายุมากๆ การพิมพ์ด้วยสีเพื่อทำให้แบบทดสอบน่าสนใจ เป็นแบบทดสอบที่ไม่ใช้ภาษา แบบทดสอบมีทั้งหมด 3 ชุด (A, Ab และ B) ชุดละ 12 รูป

1.4.1.3 Advanced Progressive Matrices (APM) แบบทดสอบนี้ใช้กับคนที่มีอายุมากกว่า 11 ปี สร้างขึ้นเพื่อใช้ทดสอบบุคคลที่มีเชาวน์ปัญญาระดับฉลาดมาก (Superior) สามารถวัดได้ 2 ลักษณะคือ ไม่จำกัดเวลา เพื่อประเมินความสามารถทั้งหมดของบุคคลในการสังเกต และการใช้ความคิด และแบบจำกัดเวลาเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้เชาวน์ปัญญาในการทำงาน



ภาพที่ 4 ตัวอย่าง Raven Progressive Matrices test (RSPM)

RPMT (Raven et al., 2000a) เป็นแบบทดสอบที่นิยมใช้เนื่องจากแบบทดสอบนี้สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดเชาวน์ปัญญาทั่วไปตามแนวคิดของสเปียร์แมน และเป็นแบบทดสอบที่ดีที่สุดในการวัดความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล นอกจากนี้ความแตกต่างทางวัฒนธรรมของผู้ตอบยังไม่มีผลต่อการทำแบบทดสอบนี้

1.4.2 การวัดทางชีววิทยา เป็นการวัดทางกายวิภาค (Anatomy) และสรีรวิทยา (Physiology) ของสมองที่เกี่ยวข้องกับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล โดยอาศัยเทคนิควิธีการต่าง ๆ ได้แก่ โพซิตรอน อีมิสชัน โทโมกราฟฟี (Positron Emission Tomography: PET) เป็นวิธีการประเมินการทำงานของสมอง โดยใช้ค่าเฉลี่ยปริมาณของเลือดที่มีการไหลเวียนหรืออัตราการเผาผลาญกลูโคสของสมองขณะที่ทำกิจกรรม ซึ่งประเมินได้จากการกระจายของสารกัมมันตภาพรังสีที่ฉีดเข้าไปทางหลอดเลือด เนื่องจากวิธีนี้ต้องฉีดสารกัมมันตภาพรังสีเข้าไปในร่างกายของผู้ถูกทดสอบ ปัจจุบันจึงไม่ค่อยนิยม การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบบฟังชั่นนอล เอ็มอาร์ไอ (Functional Magnitude Resonance: fMRI) เป็นวิธีการศึกษาตำแหน่งของสมองที่นิยมใช้มากในปัจจุบัน เป็นการวัดทางอ้อมด้วยการประเมินตัวแปรที่บ่งถึงการไหลเวียนของเลือดที่ไปบริเวณสมองขณะทำกิจกรรมที่ใช้กระบวน การทางสมอง โดยอาศัยหลักการที่ว่า บริเวณใดของสมองที่มีการทำงานขณะทำกิจกรรมใช้สมอง จะมีการใช้ออกซิเจนบริเวณนั้นมากขึ้น ทำให้เม็ดเลือดแดงปลดปล่อยออกซิเจนให้กับเซลล์สมองบริเวณนั้น เม็ดเลือดแดงที่เป็นอิสระ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

จากออกซิเจนจะมีความเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าสูง จึงสามารถวัดพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้เทคนิคการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง ซึ่งเป็นวิธีการบันทึกการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าสมองโดยวางอิเล็กโตรด (Electrode) บนหนังศีรษะ ศักย์ไฟฟ้าที่บันทึกได้นั้นเป็นผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่จุดประสานประสาท (Synaptic Potential) ของเดนไดรตด์ (Dendrite) ใต้เปลือกสมอง มีการศึกษาทั้งการวัดระยะเวลาที่เกิดคลื่น (Time Domain) และความถี่ของคลื่นไฟฟ้า เมื่อพิจารณาตามความแตกต่างของความถี่คลื่นไฟฟ้าสมองจะประกอบด้วย แอลฟา (Alpha) เบต้า (Beta) เธต้า (Theta) และเดลต้า (Delta) งานวิจัยที่ศึกษาเชาวน์ปัญญาในปัจจุบันพัฒนาขึ้นมากจากการนำเทคนิควิธีการที่ทันสมัยเหล่านี้มาศึกษาการทำงานของสมอง (Neubauer & Fink, 2009, p. 217)

การวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลด้วยวิธีการทางประสาทสรีรวิทยา เริ่มครั้งแรกจากการศึกษาของไฮเออร์ และคณะ (Haier, Siegel, Nuechterlein, Hazlett, Wu, & Paek, 1988 cited in Neubauer, Grabner, Freudenthaler, & Beckmann, 2004, p. 55) ใช้เทคนิค PET วัดปริมาณการเผาผลาญกลูโคส (Glucose Metabolism Rate: GMR) ขณะที่ผู้ถูกทดสอบทำแบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมททรีซิสของราเวน แล้วนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณการเผาผลาญกลูโคสที่วัดได้ ผลการวิเคราะห์ชี้ให้เห็นว่า คนที่มีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลในระดับสูงมีอัตราการใช้กลูโคสของสมองต่ำ จากการศึกษาที่ได้ ไฮเออร์ และคณะจึงตั้งสมมติฐานประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ประสาท (Neural Efficiency Hypothesis) ดังนั้นประสิทธิภาพการทำงานของระบบประสาทจึงเป็นตัวบ่งชี้เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ซึ่งนักวิจัยที่ศึกษาเชาว์ปัญญาก็ใช้เป็นแนวทางในการประเมินเชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลต่อมา โดยมีการศึกษาเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง เพื่อประเมินการทำงานของสมองขณะทำแบบทดสอบประเมินเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ผลการศึกษาที่ได้สนับสนุนสมมติฐานของไฮเออร์

การตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองสามารถประเมินความแตกต่างของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล (Doppelmayer et al., 2005, p. 309) โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะที่ผู้ถูกทดสอบทำแบบทดสอบโพรเกรสซิฟ แมทรีซิสของราเวน แบบทดสอบเรียงลำดับข้อตามความง่ายไปยาก ผลการศึกษาได้ข้อค้นพบเช่นเดียวกับการศึกษาของ ไฮเออร์ และคณะ คือ คนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงมีการทำงานของสมองน้อยกว่าคนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลต่ำ

การศึกษาความสัมพันธ์ของการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมองกับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล (Liu, Shi, Zhao, & Yang, 2008, pp. 259-264) ลุย และคณะใช้แบบสอบวัฒนธรรมเสมอภาคของแคทเทลล์ วัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 47 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มตามคะแนนเฉลี่ย กลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงจำนวน 24 คน อายุเฉลี่ย 11.2 ปี มีคะแนนเฉลี่ย 123.4 ส่วนกลุ่มปกติจำนวน 23 คน อายุเฉลี่ย 11.3 ปี มีคะแนนเฉลี่ย 97.9 หลังจากนั้นลุย และคณะได้ตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองทั้งสองกลุ่ม เพื่อดูเปอร์เซ็นต์ของการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง ผลการตรวจ

323048

แสดงให้เห็นว่า ในกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงมีเปอร์เซ็นต์ของคลื่นเดลต้ามากกว่ากลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลปกติ และขนาดของคลื่นแอลฟา 2 และเบต้า 1 ในกลุ่มที่มีเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงจะต่ำกว่ากลุ่มปกติ จากการศึกษานี้ทำให้ได้วิธีการจำแนกความแตกต่างของบุคคลทางด้านเชาวน์ปัญญาที่ชัดเจนขึ้นกว่าการใช้แบบทดสอบเพื่อประเมินระดับเชาว์ปัญญา เพราะการใช้แบบทดสอบอาจมีความคลาดเคลื่อนจากตัวผู้ทำแบบทดสอบในขณะทำแบบทดสอบได้ ซึ่งต่างจากการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมอง เพราะกราฟที่บันทึกได้คือกระบวนการที่เกิดขึ้นจริง ๆ ในสมอง

1.5 การพัฒนาความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

แม้จะมีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลขึ้นอยู่กับยีนซึ่งเป็นตัวกำหนดโครงสร้างของสมอง แต่ปัจจุบันก็มีการศึกษาที่สนับสนุนได้ว่า ปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมมีส่วนเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล มีนักวิจัยคิดค้นหาวิธีการต่าง ๆ ที่จะพัฒนาความสามารถทางเชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ได้แก่ การฝึกฝน (Training) ความจำขณะคิด และหน้าที่บริหารจัดการสมอง ซึ่งมีความเกี่ยวข้องและเป็นพื้นฐานของความสามารถทางเชาวน์ปัญญาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Klingberg, Forssberg, & Westerberg, 2002, p. 781; Jaeggi et al., 2008, p. 1; Karbach & Kray, 2009, p. 978) การใช้วีดีโอเกมส์ (Basak, Boot, Voss, & Kramer, 2008, p. 765) การใช้ดนตรี (Schellenberg, 2004, p. 511) รวมถึงการใช้อาหารเสริมประเภทครีเอติน (Rae, Digney, McEwan, & Bates, 2003, p. 2147)

เคนเบอร์ก และคณะ (Klingberg et al., 2002, pp. 781-785) ใช้โปรแกรมการฝึกที่อาศัยกระบวนการทางสมองที่เกี่ยวข้องกับความจำขณะทำงาน ประกอบด้วยกิจกรรม 4 กิจกรรมได้แก่ Visual Span Task, Backward Span Task, Letter-Span Task และ Go/ Nogo Task ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใหญ่ตอนต้นที่มีปัญหาสมาธิสั้น (Attention-Deficit/ Hyperactivity Disorder: ADHD) โดยฝึกทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ติดต่อกันทุกวัน วันละ 25 นาที เป็นเวลา 5-6 สัปดาห์ วัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลโดยใช้แบบทดสอบแอดวานส์ โพรเกรสซิฟ แมททริซิส (Advanced Progressive Matrices: APM) ของราเวน ก่อนและหลังฝึก ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า คะแนนจากการทำแบบทดสอบ APM หลังการฝึกสูงกว่าก่อนฝึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เจคกี้ และคณะ (Jaeggi et al., 2008, pp. 1-5) เสนอรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้วิธีฝึกสมองทางคอมพิวเตอร์ที่ช่วยปรับปรุงความสามารถในการแก้ปัญหาทั่วไป ในกลุ่มตัวอย่างที่มีอายุเฉลี่ย 19 ปี เจคกี้แบ่งกลุ่มอาสาสมัครออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มหนึ่งฝึกสมองด้วยโปรแกรม N- Back Task ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ 25 นาทีต่อวัน โปรแกรมการฝึกนั้นมีการฟังเสียงอ่านเป็นชุด ๆ แล้วให้พื้นความจำว่า เป็นชุดเดียวกับที่เคยฟังในขั้นตอนก่อน ๆ มาแล้วหรือไม่ ขณะเดียวกันก็มีการจับคู่ชุดสี่เหลี่ยมจัตุรัสในรูปแบบต่างๆ ให้เข้ากับชุดก่อน ๆ ที่เคยดูผ่านมา แต่อีกกลุ่มไม่ได้ฝึกอะไรเลย การฝึกนั้นทำซ้ำ ๆ ทุกวันเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แล้วให้กลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มทำแบบทดสอบ 2 ชุด คือแบบทดสอบ

การใช้เหตุผล และแบบทดสอบ APM ของราเวน เปรียบเทียบผลการทดสอบปรากฏว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกทำคะแนนจากแบบทดสอบการใช้เหตุผล และแบบทดสอบ APM ของราเวน ได้ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึก

คาร์บาช และคณะ (Karbach et al., 2009, p. 978) ศึกษาผลของการฝึกด้วยกิจกรรมที่ต้องอาศัยการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Task-Switch Training) ความสามารถทางด้านนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง คาร์บาชศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 126 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่อยู่ในช่วงวัยเด็ก (อายุเฉลี่ย 9 ปี) กลุ่มที่อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (อายุเฉลี่ย 22 ปี) และกลุ่มที่อยู่ในช่วงวัยผู้ใหญ่ตอนปลาย (อายุเฉลี่ย 69 ปี) ส่วนกลุ่มควบคุมนั้นประกอบด้วยทั้งสามช่วงวัย กลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 กลุ่ม ได้รับการฝึก Task-Switch Training ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์สัปดาห์ละ 4 วัน วันละ 30-40 นาที กลุ่มตัวอย่างทุกคนจะได้รับการทดสอบเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลด้วยแบบทดสอบ Standard Progressive Matrices (SPM) ของราเวน ก่อนฝึกและหลังฝึก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าทั้ง 3 กลุ่มที่ได้รับการฝึก Task-Switch Training ได้คะแนนจากแบบทดสอบ SPM เพิ่มขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมและก่อนได้รับการฝึก

นอกจากใช้วิธีการฝึกกระบวนการทางสมองที่เป็นพื้นฐานของความสามารถทางเชาวน์ปัญญาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์แล้ว มีการวิจัยที่นำเอาวีดีโอเกมส์มาช่วยพัฒนาเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล บาซาร์ค และคณะ (Basak et al., 2008, pp. 765-767) ใช้วีดีโอเกมส์ที่พัฒนาโดย Big Huge Game ซึ่งเกมส์นี้ต้องอาศัยความสามารถด้านการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองให้สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนดไว้ในเกมส์ รวมถึงความจำขณะทำงานที่ต้องจัดการกับข้อมูลใหม่ที่รับมาขณะที่เล่นเกมส์ บาซาร์คศึกษาในกลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยผู้ใหญ่ตอนปลายอายุเฉลี่ย 70 ปี กลุ่มตัวอย่างถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุมจำนวน 20 คนซึ่งไม่ได้ฝึกเล่นเกมส์ และกลุ่มที่ฝึกเล่นเกมส์ จำนวน 19 คน มีการฝึกเป็นเวลา 4-5 สัปดาห์ ฝึกครั้งละประมาณ 1ชั่วโมง 30 นาที กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มจะได้รับการทดสอบเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล โดยใช้แบบสอบ Advanced Progressive Matrices (APM) ของราเวน ก่อนฝึก ขณะฝึกและหลังฝึก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่ได้รับการฝึกเล่นเกมส์ Big Huge Game มีคะแนนจากการทำแบบสอบวัดเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชีเลนเบอร์ค (Schellenberg, 2004, pp. 511-514) ศึกษาผลของเพลงที่มีต่อเชาวน์ปัญญาภายใต้แนวคิดพื้นฐานที่ว่ากระสบการณ์ที่ได้ฝึกการมีสมาธิอยู่กับการฟังเพลง การจดจำเนื้อหาของเพลง การอ่านจังหวะหรือโน๊ตเพลงรวมถึงทักษะในการเล่นดนตรี มีผลทางบวกกับความสามารถทางปัญญา ชีเลนเบอร์ค ศึกษากับเด็กอายุเฉลี่ย 7 ปี จำนวน 144 คน โดยแบ่งเด็กออกเป็น 4 กลุ่มตามการฝึก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่แตกต่างกัน ได้แก่ กลุ่มฝึกเล่นคีย์บอร์ด กลุ่มฝึกร้องเพลง กลุ่มฝึกการแสดง และกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้ฝึกอะไรเลย เด็กจะได้รับการฝึกเป็นเวลา 36 สัปดาห์ เด็กทุกคนจะได้รับการทดสอบเชาวน์ปัญญาด้วยแบบสอบเชาวน์ปัญญาของเวสเลอร์ (Wechsler Intelligence Scale for Children-Third Edition: WISC-III) ก่อนและหลังการฝึก ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เด็กที่ฝึกเล่นคีย์บอร์ดและฝึกร้องเพลงมีคะแนนภายหลังฝึกเพิ่มขึ้นกว่าก่อนฝึก และมากกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ฝึกการแสดง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ความพยายามในการที่จะเพิ่มเชาวน์ปัญญาด้วยการใช้อาหารเสริม แม้จะมีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า การใช้สารที่เลียนแบบสารโดปามีนในร่างกายมนุษย์มีผลต่อกระบวนการทางสมองได้ แต่ก็ยังให้ผลที่ไม่ชัดเจน จากการวิจัยของเรย์ และคณะ (Rae et al., 2003, pp. 2147-2150) ให้อาสาสมัคร จำนวน 45 คน อายุเฉลี่ยประมาณ 26 ปี ทดลองรับประทานอาหารเสริมที่มีส่วนผสมของสารครีเอติน วันละ 5 กรัม ติดต่อกันเป็นเวลา 6 สัปดาห์ อาสาสมัครทั้งหมดได้รับการประเมินเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลด้วยแบบทดสอบ Advanced Progressive Matrices ของราเวน 3 ครั้งคือ ก่อนรับประทานอาหารเสริมที่มีสารครีเอตริน ภายหลังรับประทานอาหารเสริม และภายหลังที่ได้ขับสารครีเอตรินในเลือดออกจนหมด ผลการศึกษาพบว่า คะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบ APM ขณะที่อาสาสมัครรับประทานอาหารเสริมที่มีสารครีเอตรินสูงกว่าภายหลังที่ได้ขับสารครีเอตรินในเลือดออกจนหมด

จากงานวิจัยที่ศึกษาการพัฒนาความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล แสดงให้เห็นว่าความสามารถทางด้านนี้สามารถที่จะพัฒนาได้ ในวัยเด็กถึงแม้ว่าจะมีการพัฒนาการตามช่วงวัย แต่การฝึกฝนก็สามารถเพิ่มขีดความสามารถให้เพิ่มขึ้นจากเดิมได้ นอกจากนี้ในวัยผู้ใหญ่ตอนปลายซึ่งเป็นวัยที่มีการเสื่อมของเซลล์ประสาทตามวัย มีงานวิจัยจำนวนมากศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของสมองที่เสื่อมตามวัยนี้ให้ดีขึ้น บางงานวิจัยก็ได้ผลเพิ่มประสิทธิภาพของสมอง แต่บางงานวิจัยก็ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะวัยผู้ใหญ่ตอนปลายเป็นวัยที่มีการเสื่อมของเซลล์ประสาทค่อนข้างมาก การทำให้เกิดกระบวนการที่เพิ่มความสามารถในการทำงานของสมอง (Plasticity) อาจจะไม่ค่อยได้ผลเท่าที่ควร และจากการศึกษาพัฒนาการของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลแสดงให้เห็นว่าวัยผู้ใหญ่ตอนปลายเป็นวัยที่มีการลดลงของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลไปมาก ในขณะที่วัยผู้ใหญ่ตอนต้นเป็นวัยที่เริ่มมีการลดลงของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ดังนั้นการพัฒนาเพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมหรือลดลงของเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ควรที่จะทำกันตั้งแต่ในวัยผู้ใหญ่ตอนต้น แต่จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ศึกษาการเพิ่มเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นยังมีน้อย นอกจากนี้วิธีการที่ใช้ในการเพิ่มความสามารถทางเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลส่วนใหญ่ ใช้การฝึกฝนทั้งจากทางหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือสื่อต่าง ๆ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์ทั้งเครื่องคอมพิวเตอร์และโปรแกรมการฝึก อาจเป็นข้อจำกัดในบางคน ดังนั้นควรที่จะมีกิจกรรมที่ทำได้ไม่ยากและไม่ต้องลงทุนสูง และที่สำคัญการทดสอบเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้โปรแกรมการฝึกในการพัฒนาเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ผ่านนั้น เป็นการวัดทางพฤติกรรมเป็นส่วนใหญ่ โดยดูจากคะแนนที่ตอบถูกและระยะเวลาการตอบสนอง แต่ปัจจุบันมีวิธีการที่ใช้ประเมินกระบวนการเปลี่ยนแปลงในสมองที่ชัดเจน และน่าเชื่อถือได้มากกว่าที่จะทำแบบทดสอบเพียงอย่างเดียว

ตอนที่ 2 หน้าที่บริหารจัดการของสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในแต่ละวันเราต้องเผชิญกับสถานการณ์ที่ต้องเลือกตัดสินใจทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งจากทางเลือกหลาย ๆ ทาง มีสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่มารบกวนการตัดสินใจที่จะเลือก ดังนั้นเราต้องมีเป้าหมายในการตัดสินใจให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เผชิญอยู่ ความสามารถที่ต้องควบคุมการกระทำให้ไปสู่เป้าหมายนั้นต้องอาศัยกระบวนการทางสมองที่เรียกว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมอง

2.1 ความหมายของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

กิโอยา อิสควิท กาย และเคนวูทรี (Gioia, Isquith, Guy, & Kenworthy, 2000) มองหน้าที่บริหารจัดการของสมองว่า เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับ การชี้นำ การตัดสินใจและการจัดการภายในสมอง อารมณ์ พฤติกรรมที่แสดงออก รวมถึงแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ

ดันแคน (Duncan, 1995, p. 721) ให้ความหมายหน้าที่บริหารจัดการ เป็นความสามารถทางปัญญาในการจัดการภายในกระบวนการของสมองอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับความสามารถทางเชาวน์ปัญญาทั่วไป

ลีเซค ฮอวิซัน และลอริ่ง (Lezak, Howieson, & Loring, 2004, p. 67) ให้ความหมายของหน้าที่บริหารจัดการของสมองว่า เป็นคุณลักษณะภายในที่แสดงถึงความสามารถในการปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ใหม่ ๆ

บารอน (Baron, 2004, p. 18) นิยามหน้าที่บริหารจัดการของสมองหมายถึง ความสามารถที่เป็นพหุปัญญา ทำให้บุคคลแต่ละคนตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม มีการปรับตัวและยืดหยุ่นไปตามสถานการณ์ต่าง ๆ กำหนดเป้าหมายในอนาคต พิจารณาสิ่งต่าง ๆ อย่างเป็นลำดับขั้น

บานิช (Banich, 2009, p. 89) ให้ความหมายของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง เป็นกระบวนการที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมที่มุ่งไปสู่เป้าหมาย ควบคุมการแสดงความสามารถทางสมองที่ซับซ้อน โดยเฉพาะในสถานการณ์ที่ไม่ได้เกิดขึ้นเป็นประจำ

โรคา และคณะ (Roca et al., 2009, p. 3) ให้ความหมายหน้าที่บริหารจัดการของสมองเป็นการจัดระบบและควบคุมการทำงานของสมองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญา

นักวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่บริหารจัดการของสมองได้ให้ความหมายเหมือนกันว่าเป็นความยืดหยุ่นของสมอง และความสามารถในการแยกสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง ให้ความใส่ใจเฉพาะสิ่งที่เป็นเป้าหมาย และแสดงพฤติกรรมที่มุ่งไปในทิศทางที่เป็นเป้าหมาย (Denckla, 1994, p. 117; Goldberg, 2001, pp. 4-6)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปได้ว่าหน้าที่บริหารจัดการของสมองเป็นกระบวนการทำงานภายในสมองที่ครอบคลุมกระบวนการทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมที่มุ่งไปสู่เป้าหมาย เป็นสิ่งที่แสดงออกให้เห็นถึงความสามารถของบุคคลในการรับรู้และปรับตัวเพื่อตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เปลี่ยนแปลงไปเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้

คำว่าหน้าที่บริหารจัดการของสมองนิยมใช้ในการศึกษาทางจิตวิทยา แต่ในทางประสาทวิทยาใช้คำว่า หน้าที่ของสมองส่วนหน้า (Frontal- Lobe Functioning) ในความหมายเดียวกันกับเมื่อใช้อธิบายหน้าที่ของสมองขั้นสูงที่ควบคุมพฤติกรรมที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ (Carlson, 2005, p. 595; Salthouse, Atkinson, & Berish, 2003, p. 566; Stuss & Knight, 2002, pp. 1-7) มีการศึกษาทางคลินิคที่สนับสนุนข้อสรุปนี้ เช่น Bladdeley และ Wilson (Baddeley & Wilson, 1988, p. 212) ศึกษาผู้ป่วยที่มีรอยโรค (Lesion) ที่สมองส่วนหน้าเนื่องจากอุบัติเหตุ ผู้ป่วยจะแสดงอาการผิดปกติเกี่ยวกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Dysexecutive Syndrome)

2.2 องค์ประกอบของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

หน้าที่บริหารจัดการของสมองเป็นคุณลักษณะทางจิตวิทยา มีนักวิจัยบางกลุ่มมีแนวคิดว่าหน้าที่บริหารจัดการของสมองมีเพียงหนึ่งเดียว (Unitary) แต่มีนักวิจัยที่มีแนวคิดว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมองประกอบด้วยกระบวนการต่าง ๆ (Miyake et al., 2000, pp. 49-52) ได้แก่ การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง (Inhibit of Prepotent Responses) การปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Shifting Mental) การติดตาม และควบคุมการปฏิบัติ (Monitoring and Regulating Performance) การปรับเปลี่ยนไปตามข้อกำหนดหรือเงื่อนไขของกิจกรรม (Updating Task Demand) การคงไว้ซึ่งเป้าหมาย (Gold Maintenance) การวางแผน (Planning) ความจำขณะทำงาน (Working Memory) และความยืดหยุ่นของสมอง (Cognitive Flexibility)

จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคการสร้างภาพสมองแสดงให้เห็นว่า แต่ละองค์ประกอบของหน้าที่บริหารจัดการของสมองจะเกี่ยวข้องกับสมองส่วนหน้าในบริเวณที่แตกต่างกันไป เช่น ความสามารถในการคงข้อมูลไว้ในกระบวนการความจำขณะคิด จะเกี่ยวข้องกับบริเวณด้านข้างของสมองส่วนหน้า (Lateral Prefrontal Cortex: LPFC) (Narayanan et al., 2005, pp. 223-236) ส่วนความสามารถในการปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป เกี่ยวข้องกับบริเวณตรงกลางสมองส่วนหน้า (Medial Prefrontal Cortex) (Crone, Wendelken, Donohue, & Bunge, 2005, pp. 47-50; Rushworth, Walton, Kennerley, & Bannerman, 2004, p. 514) ในขณะที่ความสามารถในการยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องอยู่บริเวณ Orbitofrontal Cortex (Aron, Robbins, & Poldrack, 2004, pp. 170-174) ดังนั้นการศึกษาเพื่อประเมินความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองนักวิจัยต้องระบุให้ชัดว่าจะประเมินในองค์ประกอบใด เพราะแต่ละองค์ประกอบมีความแตกต่างกัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

มีผู้เสนอแนวคิดในการจำแนกองค์ประกอบของหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่แตกต่างกันไป ได้แก่

2.2.1 ลีซาค (Lezak, 1995, pp. 5-8) เสนอว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมองประกอบด้วย 4 องค์ประกอบได้แก่ ความมุ่งมั่นตั้งใจ (Volition) การวางแผน (Planning) การกระทำที่มีจุดมุ่งหมาย (Purposive Action) และการปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ (Effective Performance)

2.2.1.1 ความมุ่งมั่นตั้งใจ เป็นความสามารถในการกำหนดเป้าหมายและกำหนดทิศทางไปสู่เป้าหมายในอนาคต

2.2.1.2 การวางแผน เป็นความสามารถในการกำหนดขั้นตอนที่จำเป็นในการแก้ปัญหาหรือกลวิธีในการบรรลุเป้าหมาย รวมไปถึงการพิจารณาว่า ควรจะปรับเปลี่ยนการกระทำอย่างไรในอนาคตเมื่อสถานการณ์เปลี่ยนไป การควบคุมความใส่ใจ ความจำขณะคิด รวมถึงการคงไว้ซึ่งความใส่ใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มีความจำเป็นในการวางแผนการกระทำในอนาคต

2.2.1.3 การกระทำที่มีจุดมุ่งหมาย หรือการดำเนินการตามเป้าหมาย รวมไปถึงความสามารถในการปรับเปลี่ยนการกระทำที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมาย ในสถานการณ์บางอย่างต้องมีการปรับแผนเพื่อให้ตอบสนองตามข้อกำหนดในสถานการณ์นั้น ๆ หรือความยืดหยุ่นของสมองซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการบรรลุเป้าหมาย

2.2.1.4 การปฏิบัติการที่มีประสิทธิภาพ เป็นความสามารถในการติดตาม และควบคุมตนเองให้ปฏิบัติตัวอย่างถูกต้อง

2.2.2 แอนเดอร์ซัน (Anderson, 2002, p. 71) เสนอแนวคิดเกี่ยวกับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง เปรียบเสมือนระบบควบคุมทั้งหมดซึ่งประกอบด้วย 4 ด้านที่แตกต่างกันได้แก่ การควบคุมความใส่ใจ (Attention Control) ความยืดหยุ่นของสมอง (Mental Flexibility) การกำหนดเป้าหมาย (Goal Setting) และกระบวนการส่งข้อมูล (Information Processing) ทั้ง 4 องค์ประกอบนี้เป็นอิสระต่อกันและมีการพัฒนาแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงอายุ

2.2.2.1 การควบคุมความใส่ใจ เป็นความสามารถที่จะจดจ่ออยู่กับสิ่งกระตุ้นที่เฉพาะและตั้งใจอยู่กับเรื่องหนึ่งเรื่องใดติดต่อกันในช่วงเวลาหนึ่งได้ รวมถึงการควบคุมกำกับติดตามการกระทำเพื่อที่จะระบุข้อผิดพลาดและไปมุ่งสู่เป้าหมายได้สำเร็จ

2.2.2.2 ความยืดหยุ่นของสมอง เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง เป็นความสามารถในการปรับเปลี่ยนไปตามสิ่งกระตุ้น การเรียนรู้จากข้อผิดพลาด การปรับกลยุทธ์ให้เหมาะสม การแบ่งความใส่ใจ ความจำขณะคิดซึ่งหมายถึง กระบวนการจัดเก็บข้อมูลชั่วคราวและการจัดกระทำกับข้อมูลก็อยู่ในองค์ประกอบด้านนี้ด้วย

2.2.2.3 การกำหนดเป้าหมาย เป็นความสามารถในการเริ่มที่จะกระทำ รวมถึงการวางแผนที่จะกระทำให้สำเร็จ และการลำดับขั้นตอนในการทำกิจกรรมเพื่อบรรลุเป้าหมาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.2.2.4 กระบวนการส่งข้อมูล เป็นการบ่งถึงประสิทธิภาพของสมอง และประเมินในรูปแบบความเร็ว (Speed) ปริมาณและคุณภาพของผลลัพธ์

2.2.3. ไมยาร์คและคณะ (Miyake et al., 2000) ได้เสนอองค์ประกอบของหน้าที่บริหารจัดของสมอง ที่มีการศึกษากันมากอยู่ 4 องค์ประกอบได้แก่ การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง (Inhibition of Prepotent Responses: Inhibition) การปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป (Shifting Betwen Tasks or Mental Sets: Shifting) ความจำขณะคิด (Working Memory) และการวางแผน (Planning)

2.2.3.1 การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง เป็นความสามารถในการควบคุมตนเองไม่ให้สนใจหรือตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่เป็นตัวลวงหรือเป็นสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง ไม่ใช่เป้าหมายของกิจกรรม กิจกรรมที่ใช้วัดองค์ประกอบด้านนี้ได้แก่ Iowa Gambling Task, Stroop Task, Stop Task, Go/ Nogo Task, Flanker Task แต่ในเด็กเล็กมักนิยมใช้ Day/ Night Task

2.2.3.2 การปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป บางทีใช้ในความหมายเช่นเดียวกับการปรับเปลี่ยนความใส่ใจ (Attention Switching) เป็นความสามารถในการคงไว้และปรับเปลี่ยนกระบวนการทางปัญญาที่ต้องใช้ขณะทำกิจกรรม เป็นความยืดหยุ่นของสมองในการทำกิจกรรมที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ในการปฏิบัติ และนำกฎเกณฑ์ใหม่ไปใช้ในสิ่งกระตุ้นหรือสถานการณ์ใหม่ต่อไป มีนักวิจัยเป็นจำนวนมากให้ความสำคัญและเสนอว่าองค์ประกอบด้านนี้มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมอง แบบทดสอบหรือกิจกรรมที่ใช้วัดองค์ประกอบด้านนี้ได้แก่ Wisconsin Card Sorting Test (WCST), Madrid Card Sorting Test (MCST), Trailmaking Test Part B

2.2.3.3 ความจำขณะทำงาน ประกอบด้วยความสามารถในการเก็บข้อมูลและจัดกระทำกับข้อมูลในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ กิจกรรมที่ใช้ความจำขณะคิดได้แก่ การจำตัวเลข (Digit Span), Self Order Pointing Task, Block Span, Spatial Span, Reading Span เป็นต้น

2.2.3.4 การวางแผน เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทาง การวางแผนเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดเป้าหมายการทำกิจกรรม นอกจากนี้ยังรวมไปถึงความสามารถในการจัดลำดับความสำคัญในการทำกิจกรรม และยังใช้ในการประเมินพฤติกรรมเมื่อต้องเผชิญกับปัญหาใหม่ ๆ กิจกรรมที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการวางแผน ต้องเป็นกิจกรรมที่ต้องมีขั้นตอนต่าง ๆ ในการเตรียมการ รวมถึงการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์เมื่อจำเป็น กิจกรรมที่ใช้กันส่วนใหญ่ได้แก่ หอคอยฮานอย (Tower of Hanoi: TOH) และหอคอยลอนดอน (Tower of London: TOL) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ให้ผู้ถูกทดสอบเคลื่อนห่วงยางสีให้มาอยู่ที่หลักไม้หรือแกน 3 แกน ตามเป้าหมายที่กำหนดให้ โดยอาจมีห่วงยางตั้งแต่ 2- 5 ห่วง ความยากจะขึ้นกับจำนวนห่วงยาง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

2.3 พัฒนาการของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

พัฒนาการของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง จากการศึกษาทางประสาทจิตวิทยาแสดงให้เห็นว่า ความสามารถทางด้านนี้เริ่มขึ้นตั้งแต่วัยเด็กตอนต้น และพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนถึงวัยรุ่น จากการใช้เทคนิคการสร้างภาพสมองยังพบว่า ในแต่ละองค์ประกอบทั้ง 4 องค์ประกอบที่เสนอโดย ไมยาร์ค และคณะ มีการพัฒนาแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงวัย ขณะทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความสามารถด้านหน้าที่บริหารจัดการของสมองในแต่ละองค์ประกอบ จะมีการกระตุ้นการทำงานของสมองในบริเวณที่แตกต่างกัน รวมทั้งความสามารถทางด้านนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงอายุอีกด้วย (Cepeda, Kramer, & Gonzalez de, 2001, p. 715; Huizinga, Dolan, & van der Molen, 2006, p. 2017)

2.3.1 การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง จากการศึกษาโดยใช้กิจกรรม Day/ Night Task, Luria First และ Finger Game รวมถึง A- Not B Task แสดงให้เห็นว่า ความสามารถทางด้านนี้พัฒนาอย่างรวดเร็วในช่วงวัยเด็กตอนต้น มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องในช่วงวัยเด็กตอนกลาง และยังคงมีการพัฒนาอยู่บ้างในช่วงวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ และจากการศึกษาโดยใช้กิจกรรม Stop-Signal Task และ Eriksen Flankers Task ชี้ให้เห็นว่า ความสามารถด้านนี้มีการพัฒนาถึงอายุประมาณ 15 ปี ส่วนกิจกรรม Stroop-Like Task พัฒนาได้ถึงอายุ 21 ปี จากผลการวิจัยสนับสนุนได้ว่า การยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้องพัฒนาจนสมบูรณ์ตั้งแต่ช่วงวัยรุ่นจนถึงวัยผู้ใหญ่ตอนต้น นอกจากนี้มีศึกษาการทำงานของสมองทั้งโดยวิธีการสร้างภาพสมอง และการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองแสดงให้เห็นว่า สมองส่วนพรีฟรอนทัลมีการทำงานขณะที่ทำกิจรรมที่วัดความสามารถในการยับยั้งการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นที่ไม่เกี่ยวข้อง ในวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่แตกต่างกัน ในช่วงเด็กวัยเรียน มีการทำงานของสมองทั้งด้านหน้าและด้านหลังของสมองส่วนหน้าซีกซ้ายและซีกขวา รวมไปถึงสมองส่วนพาไรเอทัล หลังวัยเด็กจะมีการทำงานเพิ่มขึ้นเฉพาะด้านหน้าของสมองส่วนหน้าเท่านั้น ผลการศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม Stroop Task และ Iowa Gambling Task ปรากฏว่า คลื่น N2 สัมพันธ์กับกระบวนการยับยั้งการตอบสนองในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง และจากการศึกษาวิจัยในกลุ่มตัวอย่างอายุ 7- 17 ปี โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม Go/ Nogo Task แสดงให้เห็นว่า มีการลดลงของความสูงของคลื่น N2 บริเวณสมองส่วนหน้า การลดลงของความสูงของคลื่นแสดงถึงประสิทธิภาพการทำงานของสมองที่เพิ่มขึ้น

2.3.2 การปรับเปลี่ยนความใส่ใจตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป ความสามารถด้านนี้เพิ่มขึ้นตามอายุจนถึงช่วงวัยรุ่นตอนต้น ถึงแม้ว่าเด็กอายุ 3-4 ปีจะสามารถแยกความแตกต่างระหว่างสิ่งของอย่างง่าย ๆ ได้แล้วก็ตาม แต่ในการทำกิจกรรมที่ต้องมีการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป โดยเฉพาะเมื่อมีกฎเกณฑ์ในการพิจารณาที่ซับซ้อนขึ้น จะเริ่มปรากฏเมื่ออายุประมาณ 5 หรือ 6 ปี นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเปรียบเทียบระยะเวลาในการตอบสนองขณะทำกิจกรรมที่ต้องใช้ความสามารถในการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่เปลี่ยนไป โดยที่กลุ่มตัวอย่างอยู่ในวัยเด็ก วัยรุ่น และวัยผู้ใหญ่ตอนต้น ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่มีอายุ 7-11 ปี มีระยะเวลาการตอบสนองขณะทำกิจกรรมมากกว่าวัยรุ่น (อายุ 15 ปี) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างวัยรุ่นและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น แต่ถ้าวัดความถูกต้องในการตอบขณะทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความสามารถทางด้านนี้เมื่อเข้าสู่ช่วงอายุ 9-13 ปีจะลดลง ดังนั้นในการศึกษาควรต้องคำนึงถึงความซับซ้อนของกิจกรรมที่นำมาใช้วัด รวมถึงการพิจารณาตัวแปรที่วัด การศึกษาคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมที่ต้องใช้การปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป เปรียบเทียบระหว่างวัยเด็กและวัยผู้ใหญ่ตอนต้น แสดงให้เห็นว่า เมื่ออายุเพิ่มขึ้นจะมีการทำงานของสมองขณะทำกิจกรรมนี้เพิ่มขึ้นบริเวณด้านล่าง (Inferior) ของสมองส่วนหน้า สมองส่วนพาไรเอทัล การศึกษานี้ช่วยสนับสนุนว่า ในวัยผู้ใหญ่จะมีการทำงานของสมองส่วนหน้าและพาไรเอทัลขณะทำกิจกรรมที่ใช้การปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป

2.3.3 ความจำขณะทำงาน ความสามารถนี้เพิ่มขึ้นตามอายุ ตั้งแต่อายุ 4 ถึง 15 ปี แต่ความซับซ้อนของกิจกรรมที่วัดความจำขณะทำงาน ก็มีผลต่อการปฏิบัติในแต่ละช่วงอายุเช่นกัน มีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า ความสามารถในด้านนี้จะมีการพัฒนาจากวัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่ และจะสูงสุดประมาณอายุ 25-30 ปี หลังจากนั้นจะลดลงได้ และจากการใช้เทคนิคการสร้างภาพสมองศึกษาตำแหน่งสมองขณะทำกิจกรรมที่ใช้ความจำขณะทำงานพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการทำงานของสมองไปตามอายุที่เปลี่ยนไป ในวัยเด็กจะมีการทำงานของสมองอย่างมากบริเวณด้านหน้าค่อนมาตรงกลาง (Ventromedial) ของเปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัล ในขณะที่ช่วงวัยรุ่นมีการทำงานของสมองซีกขวาบริเวณด้านหลังค่อนมาทางด้านข้าง (Dorsolateral) ของเปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัลมาก แต่ในผู้ใหญ่ถึงแม้จะพบการทำงานของสมองมากบริเวณด้านหลังค่อนมาทางด้านข้างของสมองส่วนพรีฟรอนทัล แต่กลับพบในส่วนของสมองซีกซ้าย การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมที่ต้องอาศัยความจำขณะทำงาน อยู่บริเวณเปลือกสมองส่วนพรีฟรอนทัล แต่ตำแหน่งต่างกันตามอายุ

2.3.4 การวางแผน เป็นความสามารถในการกำหนดแนวทางเพื่อไปสู่เป้าหมาย การพัฒนาการในแต่ละช่วงอายุ ขึ้นอยู่กับความยากของกิจกรรมที่ใช้ทดสอบ มีการศึกษาการทำกิจกรรมหอคอยลอนดอน (TOL) ภายใต้เงื่อนไขที่ให้ย้ายห่วงยาง 2 ห่วง โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างเด็กอายุ 4 ปี กับ 8 ปี และระหว่างเด็กอายุ 8 ปี กับวัยผู้ใหญ่ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ไม่มีความแตกต่างในการทำกิจกรรมในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง และภายใต้เงื่อนไขที่ให้ย้าย 3 ห่วง พบว่า วัยผู้ใหญ่ทำกิจกรรมได้ดีกว่าเด็กวัย 4 ปี แต่ไม่แตกต่างจากเด็กวัย 8 ปี แต่ถ้าให้ย้ายห่วง 4-5 ห่วง วัยผู้ใหญ่ทำกิจกรรมได้ดีกว่า เด็กอายุ 4 ปี และ 8 ปี ในขณะที่เด็กทั้งสองกลุ่มทำกิจกรรมได้ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นความสามารถในการวางแผนในแต่ละช่วงอายุจึงแตกต่างกันไป แต่จะพัฒนาสูงสุดประมาณวัยเด็กตอนปลายจนถึงวัยรุ่น

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

หน้าที่บริหารจัดการของสมองเป็นกระบวนการพื้นฐานที่จำเป็นและเกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญาขั้นสูง โดยเฉพาะความสามารถทางเชาวน์ปัญญา มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า หน้าที่บริหารจัดการของสมองมีความสัมพันธ์กับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล และจากการศึกษาทางประสาทวิทยาสนับสนุนได้ว่า ทั้งหน้าที่บริหารจัดการของสมองและเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลเกี่ยวข้องกับการทำงานของสมองส่วนหน้า โดยเฉพาะองค์ประกอบด้านการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป ในการวิจัยครั้งนี้จึงใช้กิจกรรมที่ประเมินองค์ประกอบด้านการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป โดยประเมินจากแบบทดสอบ Madrid Card Sorting Test ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์

2.4 Madrid Card Sorting Test (MCST)

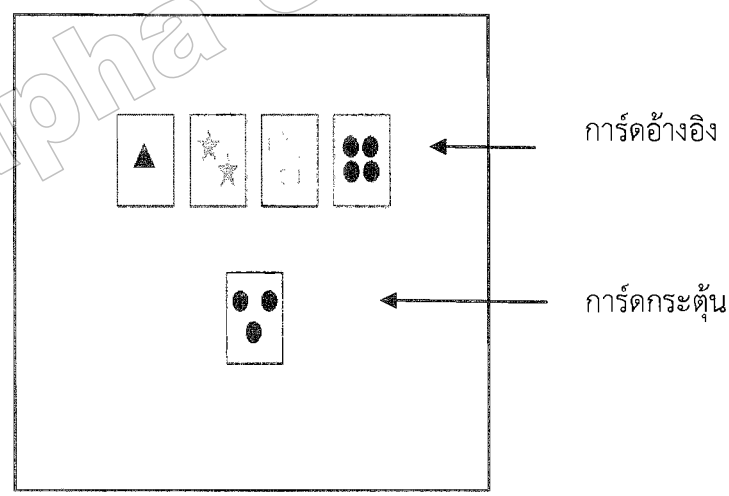
หน้าที่บริหารจัดการของสมองในแต่ละองค์ประกอบ มีการพัฒนาแตกต่างกันไปตามช่วงอายุ ส่งผลให้การใช้แบบทดสอบหรือกิจกรรมเพื่อประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงอายุเช่นกัน นอกจากนี้ยังพบว่า ตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมที่ประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองในแต่ละองค์ประกอบยังเปลี่ยนแปลงไปตามวัย ดังนั้นการพิจารณาเลือกใช้กิจกรรมเพื่อประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมอง นอกจากต้องคำนึงถึงองค์ประกอบที่จะศึกษายังต้องให้เหมาะสมกับอายุ และถ้าศึกษาโดยใช้วัดการเปลี่ยนแปลงของสมองต้องดูตำแหน่งของสมองที่เกี่ยวข้องกับหน้าที่บริหารจัดการในช่วงอายุที่ศึกษาอีกด้วย ปัจจุบันแบบทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่นิยมนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัย คือ แบบทดสอบ Wisconsin Card Sorting Test (Heaton, Chelune, Talley, Kay, & Curtis, 1993, p. 3) มีการศึกษาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบ เพื่ออธิบายกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้องในการทำแบบทดสอบ WCST ผลปรากฏว่ามี 3 กระบวนการได้แก่ ความสามารถในการปรับเปลี่ยนตามสิ่งกระตุ้น (Shifting on Set) การแก้ปัญหา/การทดสอบสมมติฐาน (Problem Solving/ Hypothesis Testing) และการคงไว้ซึ่งการตอบสนองในรูปแบบเดิม (Response Maintenance)

แบบทดสอบ WCST ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 3 รูปแบบ ได้แก่ เป็นแบบทดสอบมาตรฐานฉบับสมบูรณ์จะมีการ์ด 128 ใบ แต่ถ้าเป็นแบบฉบับสั้น (Short Form) ซึ่งพัฒนาโดยคองซ์ และคณะ (Kongs, Thompson, Iverson, & Heaton, 2000, p. 4) มีการ์ดทดสอบ 64 ใบ (WCST-64) และแบบทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Computer-Administered Version) อาร์ทิโอลา ฟอร์ทูนีย์ และฮิวตัน (Artiola, Fortuny, & Heaton, 1966, pp. 419-421) ได้รายงานว่า การศึกษาผลของการใช้การทดสอบทางหน้าจอและแบบทดสอบมาตรฐานในคนปกติไม่มีความแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าจะมีโปรแกรมสำเร็จรูปที่สามารถทดสอบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้ แต่โปรแกรมไม่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ในการศึกษาร่วมกับการวัดคลื่นไฟฟ้าสมอง นอกจากนี้มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า WCST มีข้อจำกัดในการนำมาใช้ประเมินองค์ประกอบด้านการปรับเปลี่ยนการทำงานของสมองตามสถานการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่เปลี่ยนไป

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(Barceló, 2003, pp. 27-30) จึงได้มีการพัฒนาโปรแกรมที่ใช้วัดหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวกับการทำกิจกรรมที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดหรือกฎเกณฑ์ในการปฏิบัติ และนำกฎเกณฑ์ใหม่ไปใช้ในสิ่งกระตุ้นหรือสถานการณ์ใหม่ต่อไป (Task- Switching Paradigm) ที่มีชื่อว่า “Madrid Card Sorting Test” (MCST) โดยมีหลักการและแนวคิดเช่นเดียวกับ WCST

MCST ประกอบด้วยการ์ดที่เป็นการ์ดอ้างอิง (Reference Card) 4 ใบ การ์ดใบที่หนึ่งเป็นสามเหลี่ยมสีแดง 1 อัน ใบที่สองเป็นดาวสีเขียว 2 อัน ใบที่สามเป็นกากบาทสีเหลือง 3 อัน และใบที่สี่เป็นวงกลมสีฟ้า 4 อัน (ภาพที่ 5) ผู้ถูกทดสอบจะต้องจัดกลุ่มการ์ดที่ให้มา หรือเรียกว่าการ์ดกระตุ้นให้เข้ากับ 1 ใน 4 ใบของการ์ดอ้างอิง โดยเงื่อนไขในการจับกลุ่มระหว่างการ์ดแต่ละใบกับการ์ดอ้างอิงมี 3 เงื่อนไข ได้แก่ สี (แดง, เขียว, ฟ้า, เหลือง) รูปทรง (สามเหลี่ยม, ดาว, กากบาท, วงกลม) และจำนวน (1, 2, 3, 4) เงื่อนไขจะมีการเปลี่ยนไปเรื่อยๆ โดยไม่มีการเตือนล่วงหน้า ผู้ถูกทดสอบต้องหาเงื่อนไขเองจากการทดลองจับกลุ่มกับการ์ดใบหนึ่งใบใดที่เป็นการ์ดอ้างอิง ซึ่งจะมีการตอบกลับ (Feedback) มาให้ทราบว่า การจัดกลุ่มการ์ดนั้นตรงตามเงื่อนไขหรือไม่ ถ้าตรงตามเงื่อนไขผู้ถูกทดสอบก็จะใช้เงื่อนไขนี้ในการจับกลุ่มการ์ดใบอื่น ๆ ต่อไป หลังจากนั้นเงื่อนไขในการจัดกลุ่มการ์ดจะเปลี่ยนไปโดยไม่บอกให้ผู้ทดสอบทราบล่วงหน้า มีการ์ดกระตุ้นที่ต้องจัดกลุ่มทั้งหมด 18 ชุด ชุดละ 7- 9 ใบ รวมทั้งหมดมี 137 ใบ



ภาพที่ 5 ตัวอย่าง Madrid Card Sorting Test

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตอนที่ 3 คลื่นไฟฟ้าสมองและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการวัดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่สัมพันธ์กับการทำหน้าที่ของกลุ่มเซลล์ในระบบประสาท คลื่นไฟฟ้าที่บันทึกได้นำมาใช้ประโยชน์ทั้งในทางคลินิก เช่น การวินิจฉัยโรคทางระบบประสาท ความผิดปกติเกี่ยวกับการนอนหลับ การวินิจฉัยภาวะสมองตาย นอกจากนี้ยังนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัย โดยเฉพาะสาขาจิตวิทยาระบบประสาท

3.1 กลไกการเกิดคลื่นไฟฟ้าสมอง (Electroencephalogram: EEG)

ความสามารถทางปัญญาขึ้นกับการทำหน้าที่ของเปลือกสมองหรือซีรีบรัล คอร์เทกซ์ (Cerebral Cortex) ดังนั้นการทำความเข้าใจกลไกและความแตกต่างของความสามารถทางปัญญาต้องอาศัยการศึกษาเกี่ยวกับการทำงานของสมองในส่วนนี้ ในสมองของคนเรานั้นมีเซลล์ประสาทและเซลล์ค้ำจุนบริเวณเนื้อเยื่อของซีรีบรัล คอร์เทกซ์ ที่มีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระบบระเบียบมาก ซึ่งแสดงให้เห็นโดยการสร้างศักย์ไฟฟ้าเอง อย่างเป็นจังหวะต่อเนื่องกัน (Spontaneous Rhythm) แฮนซ์ เบอร์เกอร์ (Hans Berger) เป็นคนแรกที่ทำให้มีการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองอย่างเป็นระบบและบัญญัติศัพท์คำว่า electroencephalogram (EEG) หรือคลื่นไฟฟ้าสมองขึ้น โดยหมายความถึงการบันทึกการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของสมอง การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองนี้ทำได้โดยวางอิเล็กโทรด (Electrode) บนหนังศีรษะ EEG ที่บันทึกได้ให้ข้อมูลที่มีประโยชน์โดยบ่งชี้ถึงสภาพการทำงานของสมองในภาวะปกติและมีพยาธิสภาพ นอกจากนี้ยังให้ข้อมูลเกี่ยวกับการทำงานของสมองระหว่างทำกิจกรรมต่าง ๆ มีปัจจัยที่ส่งผลต่อการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองได้แก่ ปริมาตรของเนื้อสมอง ความหนาของซีรีบรัล คอร์เทกซ์ และปริมาตรของน้ำหล่อสมองและไขสันหลัง (Niedermeyer & Lopes da Silva, 1999, pp. 3-5)

สมองประกอบด้วยเซลล์ประสาทเป็นพันๆ ล้านเซลล์ แต่ละเซลล์จะมีการติดต่อถึงกัน (Synape) โดยอาศัยสารสื่อประสาท (Neurotransmitter) ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของไอออนจากภายนอกเซลล์เข้าไปในเซลล์ ส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์จากขณะพัก (Resting Membrane Potential) ซึ่งมีค่าเป็นลบ เป็นศักย์ไฟฟ้าขณะทำงาน (Action Potential) ซึ่งมีค่าเป็นบวก ดังนั้นคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จึงเกิดจาก ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่บริเวณจุดประสานประสาท (Synaptic Potential) โดยมีเดนไดรต์มากมายที่อยู่ใกล้ผิวของคอร์เทกซ์ใต้อิเล็กโทรดที่บันทึก เมื่อเซลล์ประสาทที่มีการเชื่อมต่อกันมีการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเกิดขึ้น จะส่งสัญญาณประสาทจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งที่บริเวณจุดประสานประสาท การเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ของคลื่นไฟฟ้าสมอง เกิดจากการไหลของกระแสไฟฟ้าระหว่างขั้วสองขั้ว (Dipole) ที่มีการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์อยู่เสมอ เนื่องจากมีอินพุท (Input) นำเข้าที่เปลี่ยนแปลงไป ขั้วสองขั้วที่กล่าวนี้ ขั้วหนึ่งอยู่ที่บริเวณเดนไดรต์ในคอร์เทกซ์ชั้นตื้น ๆ ส่วนอีกขั้วหนึ่งอยู่บริเวณตัวเซลล์ที่อยู่ลึกลงไป (Pyramidal Cell) นอกจากนี้การขึ้นลงของคลื่นไฟฟ้าสมองยังขึ้นอยู่กับการส่งสัญญาณประสาทระหว่างคอร์เทกซ์กับธาลามัส โดยที่

บริเวณทั้งสองนี้สามารถให้กำเนิดสัญญาณไฟฟ้าที่เป็นจังหวะได้ สัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบริเวณธาลามัสจะส่งต่อมาที่คอร์เทกซ์ (Thalamocortical Network) ซึ่งเราสามารถบันทึกสัญญาณ ไฟฟ้านี้ได้บริเวณหนังศีรษะ

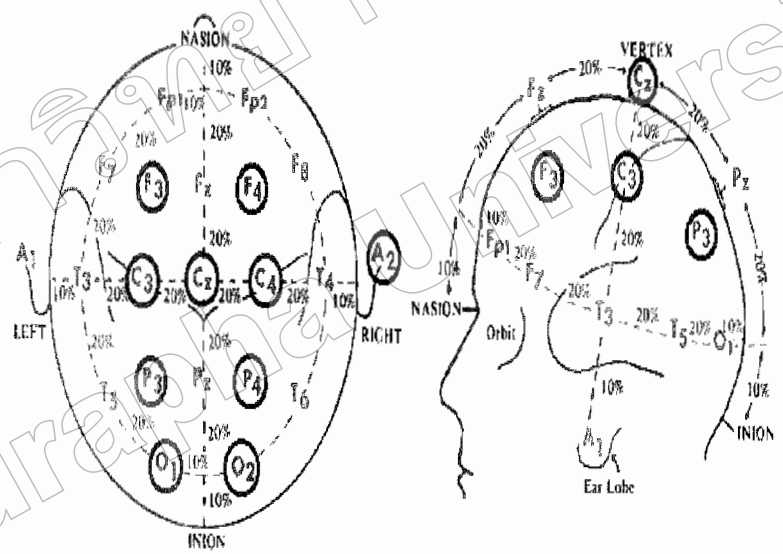
กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่เซลล์ประสาทยิ่งมากและยิ่งใกล้กับตำแหน่งต้นตอของสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณไฟฟ้าที่บันทึกได้จะยิ่งมีขนาดความแรงหรือได้คลื่นไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่มาก แต่อิเล็กโทรดที่ใช้บันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองค่อนข้างไกลจากต้นตอของสัญญาณไฟฟ้าในคอร์เทกซ์ ด้วยเหตุผลนี้ ขนาดของคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้จากหนังศีรษะภายนอก จะเล็กกว่าขนาดศักย์ไฟฟ้าที่ผนังเซลล์ที่บันทึกจากภายในประมาณ 100- 1000 เท่า ถ้าบันทึกจากผิวของคอร์เทกซ์โดยตรง (Electrocorticogram) ระหว่างการทดลองในสัตว์หรือระหว่างการผ่าตัดสมองคน จะได้คลื่นไฟฟ้าสมองขนาดใหญ่กว่าที่บันทึกจากหนังศีรษะประมาณ 10 เท่า อย่างไรก็ตามคลื่นไฟฟ้าสมองก็สะท้อนถึงศักย์ไฟฟ้าที่รวมเข้าพร้อมกันจากเซลล์ประสาทกลุ่มใหญ่กลุ่มหนึ่ง ได้มีการประมาณไว้ว่า อิเล็กโทรด 1 ตารางมิลลิเมตรที่วางบนผิวของคอร์เทกซ์จะสุ่มตัวอย่างไฟฟ้าจากเซลล์ประสาท (Neuron) ประมาณ 100,000 ตัว และลงไปลึกประมาณ 0.5 มิลลิเมตร แต่ถ้าบันทึกโดยยังมีกระโหลกศีรษะ สัญญาณไฟฟ้าที่ได้ขนาดเดียวกันนี้ต้องได้มาจากเซลล์ประสาทมากขึ้นถึง 10 เท่า ด้วยเหตุผลนี้เองขนาดของศักย์ไฟฟ้าที่บันทึกได้ ขึ้นอยู่กับจำนวนเซลล์ประสาทที่ส่งกระแสประสาทออกมาพร้อมกัน และอยู่ในตำแหน่งที่มีทิศทางเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าจึงสามารถรวมได้

3.2 วิธีการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมอง

เครื่องบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองมีหน่วยขยายสัญญาณแยกจากกันต่างหาก เพื่อให้สามารถบันทึกจากหนังศีรษะหลาย ๆ จุดได้พร้อม ๆ กัน อิเล็กโทรดที่ใช้มักเป็น Silver-Silver Chloride Disks ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร วางติดกับหนังศีรษะโดยไม่ต้องโกนผม หรือใช้หมวกสำเร็จรูป โดยทั่วไปมักใช้อิเล็กโทรดจำนวน 16 อันหรือ 8 คู่ วางในรูปแบบซึ่งสามารถสุ่มตัวอย่างสัญญาณไฟฟ้ารอบความโค้งของสมองได้ ตามมาตรฐานสากลใช้ระบบวางอิเล็กโทรดเรียกว่า 10-20 Electrode Placement System (รูปที่ 6) โดยแบ่งศีรษะออกเป็น 8 ส่วน คือ Frontal Pole (FP), Frontal (F), Central (C), Parietal (P), Temporal (T) และ Occipital (O) การบันทึกที่นิยมทำเป็นประจำมักบันทึกจากส่วนต่าง ๆ เหล่านี้ ระยะจากดั้งจมูก (Nasion) ถึงปุ่มท้ายทอย (Inion) ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ส่วนละ 10% และ 20% ของระยะทั้งหมด แล้ววางอิเล็กโทรดบนศีรษะส่วนที่เส้นแบ่งมาตัดกัน แต่ปัจจุบันมีหมวกที่วางตำแน่งอิเล็กโทรดสำเร็จรูป และนำใช้ในการวิจัยที่ใช้การวัดคลื่นไฟฟ้าสมองมากขึ้น ขั้วไฟฟ้าคู่หนึ่ง ๆ เรียกว่าขั้วไฟฟ้า (Lead) หรือตำแหน่งอิเล็กโทรด มีสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าเป็นซีกซ้ายหรือซีกขวา Lead ทางซ้ายมือจะมีชื่อเป็นเลขคี่ ส่วน Lead ทางขวามือจะมีชื่อเป็นเลขคู่ การเรียกชื่อ Lead หรือตำแหน่งอิเล็กโทรดในส่วนใดส่วนหนึ่งจะไม่เรียงกัน ทั้งนี้เพราะต้องการเพิ่ม

Lead ที่ต้องการจะบันทึกมากขึ้นกว่าเดิมจะได้สามารถเรียกชื่อ Lead ใหม่ตามตัวเลขที่กระโดดข้ามไปนั้นได้ (Kropoto, 2009, pp. 5-10)

การบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองทำได้ 2 วิธี คือ บันทึกแบบสองขั้ว (Bipolar Recording) และแบบขั้วเดียว (Monopolar หรือ Unipolar Recording) การบันทึกแบบสองขั้วเป็นการบันทึกความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโทรด 2 อันบนหนังศีรษะ ส่วนการบันทึกแบบขั้วเดียวเป็นการบันทึกความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างอิเล็กโทรดอันหนึ่งบนหนังศีรษะกับอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) ที่วางอยู่ไกลออกไป ปกตินิยมวาง Reference Electrode ที่ติ่งหู (A_1 และ A_2) และกลางกะหม่อม (Vertex) ของกะโหลกศีรษะ (Cz) การประเมินผลคลื่นไฟฟ้าสมองทำได้โดยการพิจารณา ความถี่ (Frequency) อัมปลิจูด (Amplitude) หรือความสูงของคลื่น ระยะแฝงหรือความกว้างของคลื่น (Latency) ซึ่งเป็นระยะตั้งแต่เริ่มกระตุ้นจนเริ่มตอบสนอง และการกระจายของคลื่นในแต่ละบริเวณของสมอง ปัจจุบันมักใช้การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป



ก. ด้านบนของศีรษะ ข. ด้านซ้ายของศีรษะ

ภาพที่ 6 ตำแหน่งการวางอิเล็กโทรดตามมาตรฐานสากล ระบบ 10-20 (Kropoto, 2009)

3.3 ลักษณะของคลื่นไฟฟ้าสมอง

3.3.1 จำแนกชนิดตามความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง

เมื่อวางขั้วไฟฟ้า (Lead) หรืออิเล็กโทรดบนหนังศีรษะได้อย่างเหมาะสมแล้ว สามารถบันทึกศักย์ไฟฟ้าเล็ก ๆ ไม่สม่ำเสมอจากส่วนต่าง ๆ ของสมอง ศักย์ไฟฟ้าเหล่านี้มีขนาดเพียงไมโครโวลต์ (μV) เท่านั้น คลื่นไฟฟ้าสมองปกติ ประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้าที่มีขนาดและความถี่ต่าง ๆ กัน อย่างไรก็ตาม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ระหว่างสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่งทางสรีรวิทยา คลื่นไฟฟ้าจะมีการแกว่งขึ้นลง แต่จะมีความถี่หนึ่งเด่นขึ้นมา คุณสมบัตินี้สำคัญมากกว่าขนาดของคลื่นแต่ละคลื่นในการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมอง ดังนั้นจึงมีการแปลผลคลื่นไฟฟ้าสมองตามความถี่ของคลื่นไฟฟ้าสมอง โดยเรียกความถี่เหล่านี้ตามอักษรกรีก ได้แก่

3.3.1.1 คลื่นเดลตาหรือจังหวะเดลตา (Delta Rhythm) คือความถี่ของคลื่นเด่นนั้นน้อยกว่า 4 เฮิรตซ์ (1-3 เฮิรตซ์) คลื่นนี้มักใหญ่ ช้าและไม่สม่ำเสมอ พบในเด็กไม่พบในผู้ใหญ่ที่กำลังตื่น แต่เกิดขึ้นระหว่างระยะหลับลึก (Deep Sleep) มีการศึกษาในสัตว์ทดลองที่ตัดโครงสร้างที่อยู่ใต้คอร์เทกซ์เพื่อแยกซีรีบรัล คอร์เทกซ์ออกจากธาลามัส ก็ยังสามารถพบคลื่นนี้ได้ ดังนั้นคลื่นเดลตาสามารถเกิดในคอร์เทกซ์ได้ โดยไม่ขึ้นกับการทำงานของโครงสร้างสมองส่วนล่าง

3.3.1.2 คลื่นธีตาหรือจังหวะธีตา (Theta Rhythm) คือความถี่ขนาดของคลื่นเด่นอยู่ในช่วง 4- 7 เฮิรตซ์ มักเป็นคลื่นขนาดใหญ่สม่ำเสมอ พบในส่วนหน้ามากกว่าส่วนขมับ (Temporal) ของเด็กปกติ และอาจเกิดระหว่างความตึงเครียดทางอารมรณ์ในผู้ใหญ่บางราย โดยเฉพาะระหว่างความรู้สึกผิดหวังและคับข้องใจ ในภาวะปกติคลื่นนี้จะมีลักษณะเหมือนกันทั้งในสมองซีกซ้าย และซีกขวา

3.3.1.3 คลื่นแอลฟาหรือจังหวะแอลฟา (Alpha Rhythm) คือคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความถี่เด่นอยู่ระหว่าง 8-13 เฮิรตซ์ คลื่นรูปแบบนี้มักบันทึกได้บนหนังศีรษะผู้ใหญ่ที่อยู่ในภาวะตื่นแต่หลับตา และจิตใจผ่อนคลายสบาย ๆ ขนาดของคลื่นที่บันทึกได้เฉลี่ยประมาณ 50 ไมโครโวลต์ ตำแหน่งที่กำเนิดคลื่นแอลฟานอกเหนือจากบริเวณธาลามัสแล้ว ยังพบว่าบริเวณสมองส่วนหลัง (Occipital Lobe) และส่วนพาไรเอทัล (Parietal Lobe) เป็นตำแหน่งที่กำเนิดของคลื่นแอลฟาเช่นกัน ในบางคนจะพบว่าคลื่นแอลฟามีศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุดที่ตำแหน่ง Pz

3.3.1.4 คลื่นเบตาหรือจังหวะเบตา (Beta Rhythm) คือคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีความเด่นอยู่ระหว่าง 14- 30 เฮิรตซ์ ปกติไม่ค่อยพบขนาดมากกว่า 20 ไมโครโวลต์ โดยปกติคลื่นนี้มักเกิดร่วมกับภาวะของการกระตุ้นเร้า (Activation) และความตึงเครียด

การวิจัยครั้งนี้สนใจศึกษาคลื่นแอลฟา เนื่องจากความถี่ของคลื่นแอลฟาเป็นดัชนีที่บ่งบอกความเร็วของกระบวนการในสมองและความสามารถในการจำและเชาวน์ปัญญา มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าคลื่นแอลฟามีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการตอบสนอง คนที่มีความถี่ของคลื่นแอลฟาสูงจะมีระยะเวลาการตอบสนองขณะทำกิจกรรมได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับคนที่มีความถี่ของคลื่นแอลฟาต่ำ คลื่นนี้ตรวจพบได้ตั้งแต่ในวัยทารกอายุประมาณ 4 เดือน มีความถี่ประมาณ 4 Hz ความถี่จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามอายุจนอายุประมาณ 10 ปี ความถี่ของคลื่นจะเท่ากับในวัยผู้ใหญ่ หลังจากนั้นความถี่ก็จะลดลงเมื่อเข้าสู่วัยชรา โดยที่วัยผู้ใหญ่ตอนต้น (20 ปี) มีความถี่ของคลื่นแอลฟาสูงสุดอยู่ที่ประมาณ 10.89 Hz ในขณะที่วัยชรา (70 ปี) มีความถี่ของคลื่นลดลงเหลือประมาณ 8.24 Hz คลื่นแอลฟาพบได้ที่บริเวณสมอง

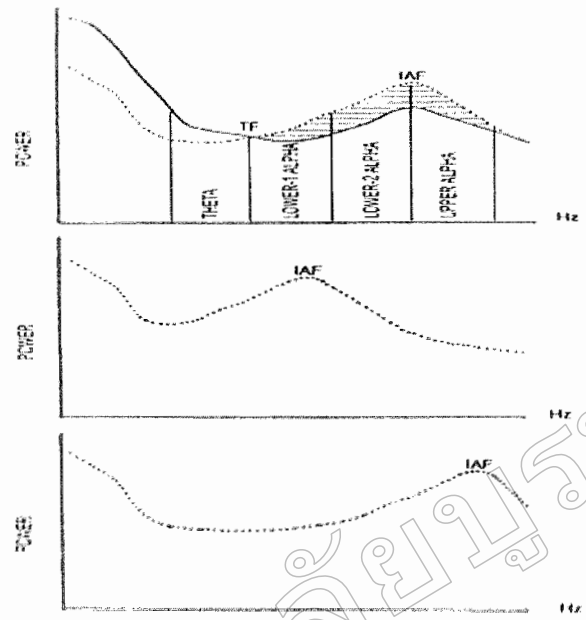
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ส่วนหลัง (Occipital Lobe) พาไรเอทรัล (Parieatal Lobe) และส่วนขมับ (Temporal Lobe) คลื่นแอลฟาที่บันทึกได้บริเวณสมองส่วนหลัง (Occipital Alpha Rhythm) จากการวางอิเล็กโทรดที่บริเวณ O1 และ O2 จะมีความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นขณะที่หลับตา เนื่องจากขณะหลับตาจะมีการยับยั้งสัญญาณประสาทเข้าสู่สมองส่วนหลังซึ่งเป็นบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น ส่วนคลื่นแอลฟาที่พบบริเวณสมองส่วนพาไรเอทัล (Parietal Alpha Rhythm) จากการวางอิเล็กโทรดที่ตำแหน่ง Pz จะมีความถี่ต่ำกว่า Occipital Alpha Rhythm กำลังไฟฟ้า (Power) ของคลื่นจะเพิ่มตามความหนักของกิจกรรมที่ทำ และขณะที่หลับตาจะมีกำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จากการศึกษากลไกทางระบบประสาทที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคลื่นแอลฟาแสดงให้เห็นว่า สัญญาณประสาทรับความรู้สึก (Sensory Input) ที่เข้าสู่สมองมีผลกดการเกิดคลื่นแอลฟาได้ ความสูงของคลื่นจะลดลง ลักษณะที่มีการกดการเกิดคลื่นแอลฟานี้เรียกว่า Alpha Desynchronization เพราะความสูงของคลื่นแอลฟาเป็นผลจากการทำงานร่วมกัน (Synchronization) ของเครือข่ายของเซลล์ประสาท จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นนี้ ได้มีการนำไปใช้ในการวิจัยเพื่อศึกษากระบวนการทำงานของสมองที่เกิดขึ้นขณะทำกิจกรรม หรือ Event Related Desynchonization (ERD)

ในวัยผู้ใหญ่แอมปริจูดหรือความสูงของคลื่นแอลฟาจะมีความสัมพันธ์กับภาวะผ่อนคลาย (Relaxation) ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นขณะที่หลับตาหรือในขณะที่ได้รับยานอนหลับ ความสูงของคลื่นแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล โดยมีค่าประมาณ 0-50 ไมโครโวลต์ แต่ในคนปกติจะมีความสูงไม่เกิน 100 ไมโครโวลต์ มีปัจจัยที่มีผลให้เกิด Alpha Desynchronization ได้แก่ ขณะที่เกิดกระบวนการทางปัญญา เช่น การตั้งใจทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง ภาวะที่เกิดความคาดหวังต่อสิ่งกระตุ้นภายนอก รวมถึงความวิตกกังวลและการเคลื่อนไหวที่อยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ เช่น การขยับนิ้วมือ และในบางคนจะพบว่า มีการลดลงของคลื่นแอลฟาขณะที่มีการคิดคำนวณทางคณิตศาสตร์

คลื่นแอลฟามีความแตกต่างในแต่ละช่วงวัย และแต่ละบุคคลก็มีความถี่ของคลื่นแอลฟาที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการแปรผลคลื่นแอลฟาที่ได้จากการวิจัยต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง โดยเฉพาะการวิเคราะห์ที่มีการกำหนดช่วงความถี่ไว้ให้เท่ากันหมดทุกคน เช่น มักนิยมกำหนดความถี่ของคลื่นแอลฟาไว้ที่ 7.5-12.5 Hz แต่ถ้าศึกษาในวัยชราซึ่งมีช่วงความถี่ของคลื่นแอลฟา 8.5-9 Hz อาจจะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดและคลาดเคลื่อนได้ คลิมเมช (Klimesch, 1999, p. 169) ได้เสนอให้ใช้ช่วงความถี่คลื่นแอลฟาของแต่ละคน (Individual Alpha Frequency: IAF) ซึ่งหาได้จากความถี่สูงสุด (Peak) หรือค่าเฉลี่ย (Mean or Gravity) ของคลื่นแอลฟาแต่ละคน จากการศึกษาของคลิมเมช ได้ช่วงความถี่ของคลื่นแอลฟาเป็นช่วงความถี่ย่อย (Subband) ที่แตกต่างกันอยู่ 3 ช่วงความถี่ย่อยได้แก่ Upper Alpha Band (เหนือ IAF 2 Hz) และ Lower Alpha Band (ต่ำกว่า IAF 4 Hz) โดยที่ Lower Alpha Band แยกออกเป็น Lower-1 และ Lower- 2 (ภาพที่ 7)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



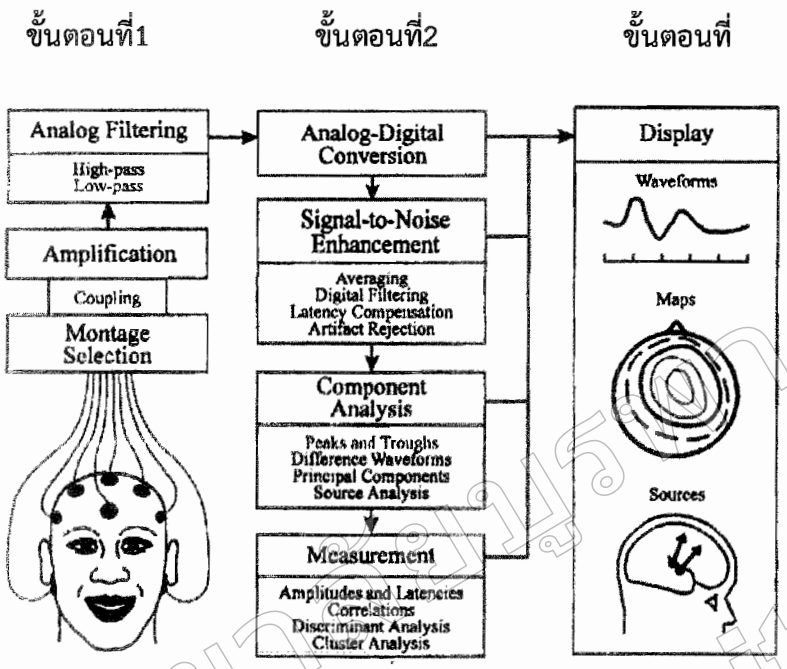
ภาพที่ 7 Individual Alpha Frequency (IAF) (Klimesch, 1999)

การศึกษาคลื่นแอลฟามีการวัดทั้งขณะพัก และขณะทำกิจกรรมที่ใช้กระบวนการทางปัญญา ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคลื่นแอลฟากับเชาวน์ปัญญาได้ข้อมูลที่น่าสนใจคือ ถ้าวัดคลื่นแอลฟาขณะพักจะพบว่า คะแนนที่ได้จากการวัดเชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางบวกกับกำลังไฟฟ้าของคลื่นแอลฟา คนที่มีระดับเชาว์ปัญญาสูงจะมีกำลังไฟฟ้าของคลื่นแอลฟาสูงกว่าคนที่มีระดับเชาว์ปัญญาต่ำกว่า แต่ถ้าวัดคลื่นแอลฟาขณะทำกิจกรรมเช่น แบบทดสอบความสามารถทางเชาวน์ปัญญาทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ พบว่า เชาวน์ปัญญามีความสัมพันธ์ทางลบกับกำลังไฟฟ้าของคลื่นแอลฟา ในคนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงมีกำลังไฟฟ้าของคลื่นแอลฟาขณะทำกิจกรรมทดสอบต่ำกว่าคนที่มีระดับเชาว์ปัญญาต่ำกว่า (Doppelmayr et al., 2002, p. 289) หรือกล่าวได้ว่า คนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงกว่าจะมี ERD ของคลื่นแอลฟาต่ำกว่าคนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาต่ำกว่า

3.3.2 คลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม (Event-Related Potential: ERP)

เป็นการขึ้นลงของความแรงของสัญญาณไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่เกิดขึ้นในสมอง แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในคอร์เทกซ์ซึ่งสัมพันธ์กับเหตุการณ์ภายนอกที่มากระตุ้น และกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง ในการวัด ERP นั้น มีขั้นตอนหลักในการปฏิบัติพื้นฐานอยู่ 3 ขั้นตอน (Picton et al., 1995, p. 4) ได้แก่ การบันทึกสัญญาณไฟฟ้าที่บริเวณหนังศีรษะ การแปลงสัญญาณไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ (Analog-Digital Conversion) และการแสดงผล (Display) (ภาพที่ 8)

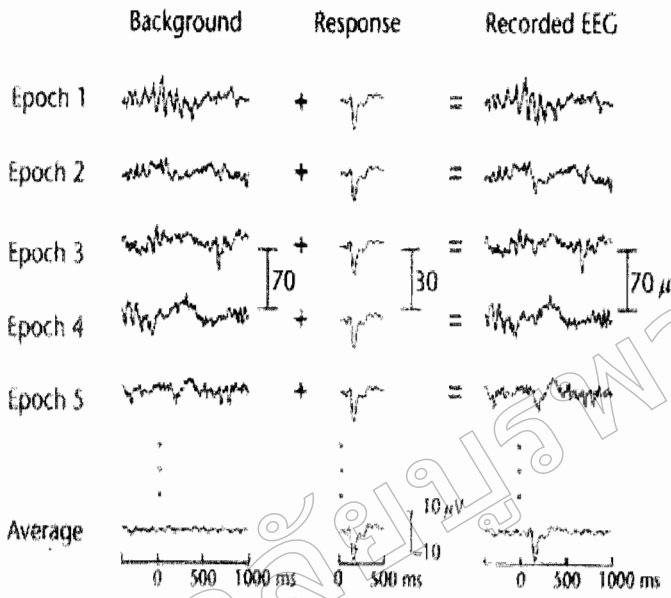
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการปฏิบัติพื้นฐานในการวัด Event- Related Potential (ERP) (Picton et al., 1995)

ERP เป็นความแรงของคลื่นไฟฟ้าสมองที่เกิดจาก ผลรวมของศักย์ไฟฟ้าขณะทำงานที่เกิดขึ้นในสมองขณะที่ทำกิจกรรมซึ่งสัมพันธ์กับเวลา (Time Locked to Cognitive Event) สามารถบันทึกได้ที่บริเวณหนังศีรษะ และได้มาจากการกรองหรือเฉลี่ยสัญญาณที่ปรากฏจากคลื่นไฟฟ้าสมอง (ภาพที่ 9) วิธีการในการวิเคราะห์สัญญาณไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับกิจกรรมนั้น ทำได้โดยใช้เหตุการณ์หรือสิ่งกระตุ้นที่สนใจศึกษา โดยเฉพาะการทดลองเพื่อศึกษาระยะเวลาการตอบสนอง (Reaction Time Experimental) เช่น การกระตุ้นด้วยการทำกิจกรรมที่ต้องใช้ความสามารถทางปัญญาผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ และวิเคราะห์แยกคลื่นไฟฟ้าสมองในแต่ละส่วนที่สัมพันธ์กับกิจกรรมแต่ละกิจกรรม (ERP) ออกจากคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึก (EEG) ได้ เนื่องจากคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมมีแรงดันไฟฟ้าค่อนข้างต่ำ (2-3 ไมโครโวลต์) เมื่อเทียบกับคลื่นไฟฟ้าสมอง (ประมาณ 50 ไมโครโวลต์) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยเทคนิควิธีการที่ช่วยเพิ่มความแตกต่างระหว่างสัญญาณจาก ERP หรือ Signal กับสัญญาณ EEG หรือ Noise เรียกว่า Signal/ Noise Ratio (S/ N Ratio) ซึ่งนิยมใช้วิธีตัวอย่างเฉลี่ย (Averaging Samples of EEG) โดยการหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกิจกรรมที่วัดจากคลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้เป็นรายบุคคล เพื่อลดสัญญาณที่เป็น Noise แล้วจึงมาหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งหมด (Kotchoubey, 2006, p. 42; Duncan et al., 2007, pp. 6-12; Gutberiet & Debener, 2009, pp. 23-25)

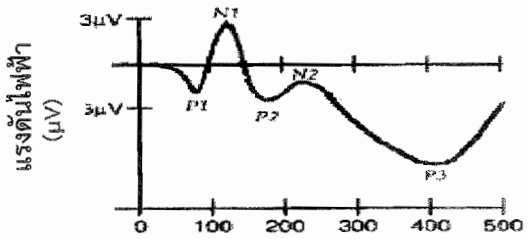
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 9 คลื่นไฟฟ้าสมองที่บันทึกได้ และการเฉลี่ยสัญญาณที่เกิดจากคลื่นไฟฟ้าสมอง (Kotchoubey, 2006)

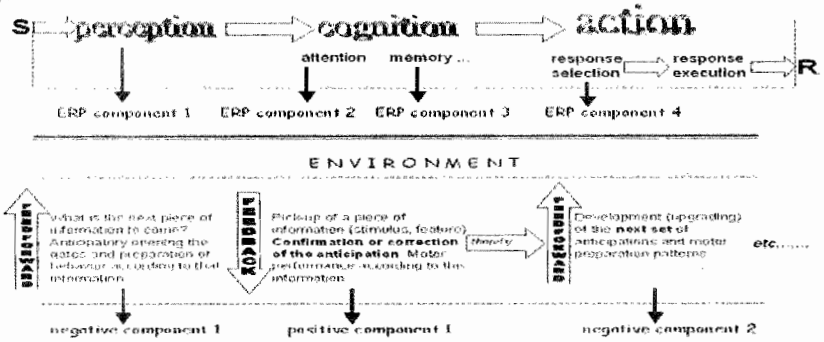
คลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมอธิบายการทำงานของสมองในตำแหน่งต่าง ๆ ในรูปแบบความแรงของศักย์ไฟฟ้าต่อเวลา (Voltage X Time) เป็นการวัดแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับกิจกรรมในช่วงเวลาหนึ่ง (Time-Locked) มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าสะท้อนถึงผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดจากเซลล์สมองบริเวณที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรม ในการศึกษาทางประสาทจิตวิทยาใช้คลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรมเป็นตัวประเมินการเปลี่ยนแปลงการทำงานของสมองโดยศึกษาส่วนประกอบของคลื่น (ERP Component) ซึ่งใช้เป็นดัชนีบ่งชี้กระบวนการที่เกิดขึ้นในสมองทั้งที่เป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการรับความรู้สึก (Sensory) ที่ตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นจากภายนอก (Exogenous) และกระบวนการทางปัญญาที่เกิดขึ้นในสมอง (Endogenous) การพิจารณาส่วนประกอบของ ERP นั้นส่วนใหญ่จะใช้ในความหมายยอดของคลื่นเป็นบวก (Positive: P) หรือเป็นลบ (Negative: N) โดยมีตัวเลขระบุ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันมีอยู่ 2 ลักษณะคือ ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับของการเกิดคลื่น เช่น N1 หมายถึงส่วนประกอบของ ERP ที่เกิดเป็นคลื่นลบคลื่นแรก P3 เป็นส่วนประกอบของ ERP ที่เป็นคลื่นบวกคลื่นที่สาม เป็นต้น (ภาพที่ 10) แต่มีนักวิจัยบางกลุ่มที่ใช้ตัวเลขเพื่อแสดงระยะเวลาที่ส่วนประกอบของคลื่นมียอดแหลมของคลื่นสูงที่สุด (Peak Latency) เช่น N100 เป็น ERP ที่เป็นคลื่นลบ และมียอดแหลมของคลื่นสูงที่สุดอยู่ที่ 100 มิลลิวินาที และ P300 เป็นคลื่นบวก และมียอดแหลมของคลื่นสูงที่สุดอยู่ที่ 300 มิลลิวินาที

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม (ERP)

ดังนั้นคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำงานจึงเป็นการศึกษากระบวนการในสมองตั้งแต่เริ่มมีสิ่งกระตุ้นปรากฏ จนกระทั่งมีการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้น โดยบันทึกการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าเป็นช่วงตามเวลา (ภาพที่ 11) การศึกษาส่วนประกอบใดของ ERP นั้นขึ้นอยู่กับว่า ผู้วิจัยมีจุดประสงค์จะศึกษากระบวนการใดในสมอง ส่วนประกอบของคลื่น ERP ที่นิยมนำมาใช้เป็นดัชนีประเมินกระบวนการทางปัญญาคือ P3 หรือ P300 ซึ่งเป็นคลื่นบวกที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเซลล์ภายในสมอง P300 จะมีค่า peak อยู่ที่ประมาณ 250-600 มิลลิวินาที ภายหลังจากการกระตุ้น การปลี่ยนแปลงของคลื่น P300 ไม่ขึ้นกับสิ่งกระตุ้นภายนอก แต่ขึ้นกับกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง ขณะที่ทำกิจกรรมทดสอบ ค่าความสูงของ P300 ที่สูงขึ้น แสดงถึงการทำงานภายในสมองที่เพิ่มมากขึ้น โดยไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งกระตุ้นชนิดใด ไม่ว่าจะเป็นเสียงหรือภาพ (Hillman, Castelli, & Buck, 2005, p. 1967)



ภาพที่ 11 โมเดลคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม

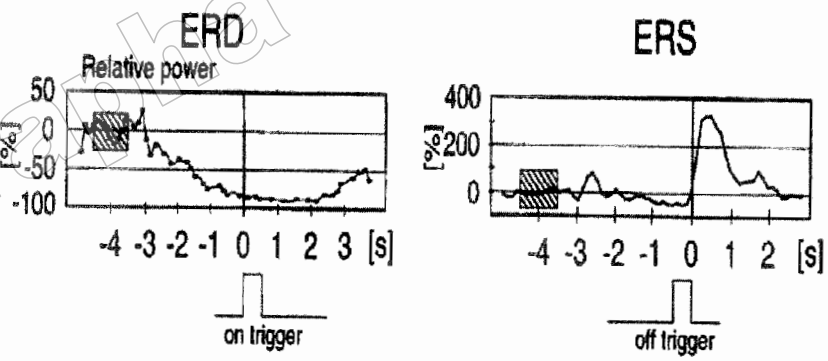
การวิเคราะห์ P300 จะพิจารณา 2 ส่วน ได้แก่ ความสูงของคลื่น (Amplitude) ซึ่งมีหน่วยเป็นไมโครโวลต์ (μV) และความกว้างของคลื่น ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิวินาที (ms) ความสูงของคลื่น P300

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กระตุ้น ระหว่างการใช้กระบวนการในการค้นหาเพื่อจัดกลุ่มและการปรับเปลี่ยนความสนใจไปที่สิ่งกระตุ้นที่มีรูปแบบใหม่กับการใช้กระบวนการในการคงความสนใจไว้กับสิ่งกระตุ้นที่มีรูปแบบหรือเงื่อนไขเดิมต่อไป แตกต่างกันประมาณ 120 มิลลิวินาที และจะพบคลื่น P300 ที่ตำแหน่งสมองส่วนหน้าซีกซ้าย (Left Frontal Lobe)

3.3.3 การขึ้นลงของคลื่นไฟฟ้าสมองที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์

คลื่นไฟฟ้าสมองมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนของเซลล์ประสาทที่ถูกกระตุ้นให้ทำงานเพื่อตอบสนองต่อกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง โดยปกติการบันทึกคลื่นไฟฟ้าสมองอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่งนั้น ประกอบด้วยความถี่ของคลื่นที่แตกต่างกัน ซึ่งมีประโยชน์ในการบอกถึงภาวะต่าง ๆ ของสมอง และเป็นที่ทราบดีว่า ERP ไม่สามารถแสดงถึงข้อมูลที่สัมพันธ์กับเหตุการณ์ที่บันทึกได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงได้มีวิธีการศึกษาในรูปของพลังงานทั้งหมด (Power) ซึ่งหมายถึงผลรวมของศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ส่งผลให้มีการขึ้นลงของคลื่นไฟฟ้าสมอง มี 2 ลักษณะคือ คลื่นไฟฟ้าขณะทำกิจกรรมที่เกิดจากเซลล์ประสาททำงานพร้อมกัน (Event- Related Synchronization: ERS) และคลื่นไฟฟ้าขณะทำกิจกรรมที่เกิดจากเซลล์ประสาททำงานไม่พร้อมเพรียงกัน (Event- Related Desynchronization: ERD) เรียกย่อ ๆ ว่า ERS/ ERD (ภาพที่ 12) การเกิด ERD มีความสัมพันธ์กับการกระตุ้นเซลล์ประสาทที่ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาทจากบริเวณธาลามัสไปที่คอร์เท็กซ์ (Thalamocortical System) (Pfurtscheller et al., 1999, p. 1842)



ภาพที่ 12 ลักษณะของคลื่น ERS/ ERD (Pfurtscheller et.al, 1999)

การวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองด้วยวิธี ERD แตกต่างจาก ERP คือ ERP เป็นคลื่นที่แสดงถึงการตอบสนองของเซลล์ประสาทหลังจุดประสานประสาทในสมองส่วนคอร์เท็กซ์ ซึ่งเป็นผลมาจากมีสัญญาประสาทเข้ามากระตุ้นการทำงานของเซลล์ (Afferent Activity) ส่วน ERD แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงการทำงานของเซลล์ประสาทที่จำเพาะบริเวณที่เกี่ยวข้องกันระหว่างเซลล์ประสาทหลัก (Main Neuron) และเซลล์ประสาทประสานงาน (Interneuron) ที่ควบคุมการเกิดคลื่นสมองที่มีความถี่ที่สัมพันธ์กับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

กิจกรรมที่ศึกษา การใช้ ERD ในการศึกษาวิจัยนั้นเพื่อเป็นการลดความคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าการเปลี่ยนแปลงของ Power ควรคำนึงถึงจำนวนกิจกรรมที่มากระตุ้นด้วย

เฟอรเชวเลอร์ และคณะ (Pfurtsheller et al., 1999, pp. 1842-1853) ได้พัฒนาการวัด ERD และได้เสนอการคำนวณเปอร์เซ็นต์ ERD เป็นลำดับขั้นดังนี้ เริ่มต้นต้องกำหนดความถี่ที่จะใช้ศึกษา (Band Pass Filtered) ขั้นต่อไปเปลี่ยนค่า Amplitude ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ได้ให้เป็น Power ด้วยการนำค่า Voltage ไปยกกำลังสอง (Squaring Amplitudes of Filtered Trails) หลังจากนั้นคำนวณค่าเฉลี่ย (Averaging of Power Sample) ขั้นตอนต่อไปคือ นำค่ากำลังเฉลี่ยในทุกกิจกรรมที่ทำมาหาค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาหนึ่ง (Averaging Over Time Sample to Smooth the Data) สุดท้ายคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ ERD การแปรผลค่าที่คำนวณได้ ถ้าค่า % ERD เป็นค่าบวกแสดงว่าเกิด Desynchronization ของคลื่นแอลฟา แต่ถ้า % ERD เป็นลบแสดงว่าเกิด Synchronization ของคลื่นแอลฟา

สูตรการคำนวณหา % ERD (Pfurtsheller et al., 1999)

$$\% \text{ ERD} = \{(A - R)/R\} \times 100 \quad (1)$$

A = ค่าเฉลี่ยของ Power ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ช่วงความถี่ที่สนใจในช่วงเวลาภายหลังได้รับสิ่งกระตุ้น

R = ค่าเฉลี่ยของ Power ของคลื่นไฟฟ้าสมองที่ช่วงความถี่ที่สนใจในช่วงเวลาขณะพัก

กระบวนการ Desynchronization หรือกระบวนการเปลี่ยนคลื่นไฟฟ้าสมองที่เป็นจังหวะให้กลายเป็นคลื่นขนาดเล็กไม่สม่ำเสมอ เกิดขึ้นเมื่อมีสัญญาณประสาทจากตัวรับความรู้สึก (Special Senses) เข้าสู่คอร์เทกซ์เพิ่มขึ้น ยกตัวอย่างเช่น ตามปกติคลื่นแอลฟาของคอร์เทกซ์ผู้ใหญ่จะเด่นระหว่างภาวะตื่น (Waking State) รูปแบบนี้ถูกบันทึกได้เมื่อผู้ถูกทดสอบผ่อนคลายและหลับตาทั้งสองข้าง อย่างไรก็ตามถ้าลืมตาจะทำให้ตัวกระตุ้นจากการมองเห็นเกิดขึ้นทันที คลื่นแอลฟาที่เกิดขึ้นจะถูกแทนที่โดยคลื่นเล็ก ๆ ความถี่สูง ไม่สม่ำเสมอ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า Alpha Blocking หรือ Alpha Desynchronization (Alpha ERD) ซึ่งอาจเกิดได้โดยการกระตุ้นประสาทรับสัมผัสชนิดใด ๆ (เสียง, ภาพ, การสัมผัส) หรือการที่จิตใจจดจ่ออยู่กับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง เช่น กำลังแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เนื่องจาก Desynchronization นี้ถูกชักนำโดยการกระตุ้นประสาทรับสัมผัส และสัมพันธ์กับสภาพของการตื่นตัว ปรากฏการณ์นี้จึงอาจเรียกว่า Arousal หรือ Alert Response เมื่อตัวกระตุ้นหมดไปจังหวะแอลฟาจะกลับคืนมา

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ERD กับเชาวน์ปัญญา ผลการศึกษามีทั้งที่แสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์ทางลบ (Doppelmayr, 2002, p. 289) ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานประสิทธิภาพการทำงานของสมองเซลล์ประสาท (Neural Efficiency Hypothesis) และความสัมพันธ์ทางบวก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

(Doppelmayr, Klimesch, Sauseng, Hodlmoser, Stadler, & Hanslmayr, 2005, pp. 309- 313) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาที่ชี้ให้เห็นว่า การฝึกฝนทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ทำให้เกิดการลดลงของ ERD การเปลี่ยนแปลงจะพบได้ในคนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูง (Neubauer, Grabner, Freudenthaler, & Beckmann, 2004, pp. 55-70)

ดร็อพเพลเมลร์ และคณะ (Doppelmayr et al., 2002, p. 289) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชาว์ปัญญากับ ERD ของคลื่นแอลฟา โดยแบ่งคลื่นแอลฟาเป็น 3 ช่วงความถี่ย่อย ได้แก่ Lower-1 Alpha Band, Lower-2 Alpha Band และ Upper Alpha Band ศึกษากับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 74 คน (เพศชาย 22 คน, เพศหญิง 52 คน) โดยแต่ละคนถูกวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะพัก (ปิดตา) 3 นาที และวัดขณะทำแบบทดสอบเชาวน์ปัญญา 2 ชุด (LTG-3 และ IST-70) ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คลื่นแอลฟามีความสัมพันธ์ทางลบกับเชาวน์ปัญญา คนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงมีการลดลงของ ERD ของคลื่นแอลฟาน้อยกว่าคนที่มีระดับเชาวน์ปัญญาต่ำกว่า และคลื่นแอลฟาในแต่ละช่วงความถี่ย่อยมีความสัมพันธ์กับแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาแต่ละแบบ โดยที่ Upper Alpha Band มีความสัมพันธ์กับการทำแบบสอบ IST-70 ซึ่งเกี่ยวข้องกับความจำระยะยาวแบบ Sementic Memory ในขณะที่ Lower Alpha Band สัมพันธ์กับการทำแบบสอบ LTG-3 ซึ่งเกี่ยวข้องกับการใส่ใจ (Attention)

ดร็อพเพลเมลร์ และคณะ (Doppelmayr et al., 2005, p. 309) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการลดลงของคลื่นแอลฟา (Alpha ERD) กับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลของราเวน ซึ่งผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจากแบบทดสอบเดิม ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 34 คน อายุ 18- 30 ปี แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงและกลุ่มที่มีระดับเชาวน์ปัญญาต่ำ (ตามคะแนนเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่มีระดับเชาวน์ปัญญาสูงมี ERD ของคลื่นแอลฟาลดลงในข้อที่ง่ายเมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีระดับเชาวน์ปัญญาต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานประสิทธิภาพการทำงานของเซลล์ประสาท

นูเบอเออร์ และคณะ (Neubauer et al., 2004, pp. 55-70) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเชาวน์ปัญญากับการทำงานของสมองด้วยการใช้เกม TETRIS ซึ่งเป็นเกมที่ฝึกทักษะเกี่ยวกับการมองมิติสัมพันธ์และการเคลื่อนไหวร่างกาย (Visuo-spatial/ Motor Task) และดูผลของการฝึกเล่นเกมที่มีต่อการลดลงของคลื่นแอลฟา (Alpha ERD) นูเบอเออร์ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 27 คน อายุ 18- 40 ปี โดยใช้แบบทดสอบ German Leistungs- Pruf System: LPS) ซึ่งเป็นแบบทดสอบการเรียนรู้ (Learning Test) ประเมินความสามารถทางเชาวน์ปัญญา ระดับ IQ ของกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 82 -131 จากนั้นให้กลุ่มตัวอย่างฝึกเล่นเกม TETRIS ทางหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นเวลา 2 เดือน และวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำแบบทดสอบ Tool for Analysis Reasoning Ability (TARA) ซึ่งเป็นแบบทดสอบ

ที่ใช้ประเมินการให้เหตุผล ก่อนและหลังการฝึกเล่นเกม ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ก่อนฝึกเล่นเกมส์ Alpha ERD มีความสัมพันธ์ทางบวกกับระดับ IQ คือ คนที่มีระดับ IQ สูง มีค่า ERD ของคลื่นแอลฟาลดลงน้อยกว่าคนที่มีระดับ IQ ต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าคนที่ IQ สูงจะมีการทำงานของสมองมากกว่าคนที่มีระดับ IQ ต่ำ แต่ภายหลังจากการฝึกเล่นเกม Alpha ERD มีความสัมพันธ์ทางลบกับระดับ IQ คนที่มีระดับ IQ สูง มีการลดลงของ Alpha ERD มากกว่าคนที่มีระดับ IQ ต่ำ

ตอนที่ 4 การออกกำลังกายและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 ความหมายการออกกำลังกาย

สมาคมกีฬาเวชศาสตร์แห่งอเมริกา (American Collegeof Sport Medicine: ACSM) (American College of Sport Medicine, 2005, p. 18) ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า เป็นการออกแรงทางกายที่ทำให้ร่างกายแข็งแรงทั้งระบบโครงสร้าง และทำให้กล้ามเนื้อสามารถรวมกันต่อต้านและเอาชนะแรงบังคับได้

คาสเพอร์เซ่น พาวเวล และคริสเทนสัน (Caspersen Powell & Christenson, 1985 อ้างถึงใน ประภาพร จนันทุพา, 2550, p. 16) ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า มีความหมายเดียวกับการเคลื่อนไหวออกแรง (Physical Activity) ซึ่งหมายถึงการเคลื่อนไหวร่างกายโดยใช้กล้ามเนื้อมัดใหญ่ เช่น กล้ามเนื้อบริเวณแขน ขา เป็นผลให้มีการใช้พลังงานของร่างกายตั้งแต่ระดับต่ำจนถึงระดับสูง และมีผลต่อความสมบูรณ์แข็งแรงทางสุขภาพหรือสมรรถภาพ

ฮองเกอร์ (Hoeger & Hoeger, 2006, p. 5) ให้ความหมายของการออกกำลังกายว่า เป็นประเภทหนึ่งของการเคลื่อนไหวร่างกาย ที่ต้องมีการวางแผน มีการเคลื่อนไหวร่างกายซ้ำ ๆ และต้องออกแรงในการทำกิจกรรมที่มากขึ้นกว่าปกติที่ทำอยู่ในชีวิตประจำวัน โดยมีเป้าหมายเพื่อคงไว้หรือพัฒนาสมรรถภาพทางกาย ตัวอย่างของการออกกำลังกายได้แก่ การเดิน การวิ่ง และว่ายน้ำ

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า การออกกำลังกายหมายถึง การใช้แรงกล้ามเนื้อเพื่อให้ร่างกายเกิดการเคลื่อนไหวอย่างมีระบบแบบแผน โดยมีการกำหนดความถี่ของการออกกำลังกาย ความแรงหรือความหนักของการออกกำลังกาย ระยะเวลาของการออกำลงกาย ระยะเวลาในการอบอุ่นร่างกายและระยะผ่อนคลายร่างกายที่ถูกต้อง โดยผลของการออกกำลังกายจะช่วยทำให้ร่างกายเกิดความแข็งแรง ระบบการทำงานต่าง ๆ ของร่างกายมีประสิทธิภาพดีขึ้น

คำว่าการออกกำลังกายกับคำว่าการเคลื่อนไหวร่างกายมีความหมายที่แตกต่างกัน การเคลื่อนไหวร่างกายเป็นการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกายที่เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อมัดใหญ่ ซึ่งทำให้เกิดพลังงานเพิ่มขึ้นจากภาวะปกติ ประกอบด้วย (วิวาวรรณ ลีลาสำราญ, 2547; Plowman & Smith, 2008, pp. 1-10)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.1.1 การเคลื่อนไหวทางกายที่เป็นกิจกรรมงานบ้าน (Household Physical Activity) ได้แก่ การถูพื้น ขัดพื้น ทำความสะอาดหน้าต่าง ทำสวน เป็นต้น

4.1.2 การเคลื่อนไหวทางกายขณะมีการเดินทาง (Transportation Physical Activity) ได้แก่ การเดินไปทำงาน การเดินโรงเรียน การขี่จักรยาน เป็นต้น

4.1.3 การเคลื่อนไหวทางกายขณะประกอบอาชีพ (Occupational Physical Activity) ได้แก่ การยกของ การแบกหาม งานไม้ ซ่อมรถ เป็นต้น

4.1.4 การเคลื่อนไหวทางกายขณะว่างจากการประกอบอาชีพหรือเดินทาง (Leisure-Time Physical Activity) ได้แก่การออกกำลังกาย เล่นกีฬา กิจกรรมสันทนาการอื่น ๆ เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการออกกำลังกายจัดเป็นประเภทหนึ่งของการเคลื่อนไหวร่างกาย ซึ่งการออกกำลังกายรวมถึงการเคลื่อนไหวทางกายประเภทต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดสมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness)

4.2. สมรรถภาพทางกาย (Physical Fitness)

สมรรถภาพทางกาย เป็นความสามารถของร่างกายในการประกอบกิจกรรมหรือทำงานได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เหน็ดเหนื่อยและมีประสิทธิภาพ การมีสมรรถภาพทางกายที่ดีมีความสำคัญสำหรับชีวิตและสังคมเป็นอย่างมาก เป็นรากฐานเบื้องต้นที่ทำให้มนุษย์สามารถประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเมื่อมีสมรรถภาพทางกายที่ดีแล้ว สมรรถภาพทางจิตใจ อารมณ์ สังคมรวมถึงความสามารถทางปัญญาก็จะดีตามไปด้วย สมรรถภาพทางกายที่ดีนั้นมีองค์ประกอบหลายประการ องค์ประกอบใดจะมีความสำคัญมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับความจำเป็นของแต่ละบุคคลซึ่งแตกต่างกันออกไป อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายทั่วไปประกอบด้วย 10 ประการได้แก่ ความต้านทานโรค ความแข็งแรงและความทนทานของกล้ามเนื้อ พลังของกล้ามเนื้อ ความทนทานของหัวใจและการหายใจ ความอ่อนตัว ความเร็ว ความคล่องแคล่วว่องไว ความสัมพันธ์ในการเคลื่อนไหว การทรงตัวและความแม่นยำ แต่เมื่อจำแนกประเภทขององค์ประกอบของสมรรถภาพแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม (Plowman et al., 2008)

4.2.1 สมรรถภาพทางกายด้านสุขภาพ (Health-Related Physical Fitness) ประกอบด้วยองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายซึ่งสัมพันธ์กับการมีสุขภาพดีประกอบด้วย สัดส่วนของร่างกาย (Body Composition) สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory Fitness) ความอ่อนตัว (Flexibility) ความทนทานของกล้ามเนื้อ (Muscle Endurance) และความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ (Muscle Strength)

4.2.1.1 สัดส่วนของร่างกายสัมพันธ์กับปริมาณของกล้ามเนื้อ ไขมัน กระดูก และอวัยวะอื่น ๆ ในร่างกาย ทดสอบด้วยการวัดความหนาของไขมันใต้ผิวหนัง และการหาดัชนีมวลร่างกาย

4.2.1.2 สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory Fitness) บางครั้งจะใช้คำว่าความทนทานทางแอโรบิค ซึ่งเป็นความสามารถของร่างกายในการขนส่ง

ออกซิเจน และสารอาหารที่จำเป็นให้กับอวัยวะต่าง ๆ ความสามารถในการขนส่งออกซิเจนขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของระบบหายใจและไหลเวียนโลหิต ดังนั้นสมรรถภาพทางด้านนี้จึงมีความสัมพันธ์กับความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจเพื่อส่งออกซิเจนไปส่วนต่าง ๆ ของร่างกายขณะมีการเคลื่อนไหวร่างกาย การทดสอบได้แก่ 1Mile Run Test, 12 Minute Run Test, Mile Walk Test, Bicycle Test, Step Test และ Treadmill Test

4.2.1.3 ความอ่อนตัว สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของข้อต่าง ๆ ทดสอบโดยใช้ Sit and Reach Test

4.2.1.4 ความทนทานของกล้ามเนื้อ สัมพันธ์กับความสามารถของกล้ามเนื้อที่จะทำงานหรือเคลื่อนไหวได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่เกิดการล้า ทดสอบโดย ดึงข้อ งอแขนห้อยตัว วิดพื้น

4.2.1.5 ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ สัมพันธ์กับความสามารถของกล้ามเนื้อในการออกแรง ทดสอบด้วยแรงบีบมือ Back Strength Test และ Leg Strength Test

4.2.2 สมรรถภาพทางกายด้านทักษะ (Skill- Related Physical Fitness) ประกอบด้วยองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกายที่สัมพันธ์กับการแสดงความสามารถทางกายในกีฬา และทักษะต่าง ๆ ประกอบด้วย

4.2.2.1 ความคล่องตัว (Agility) สัมพันธ์กับความสามารถในการเปลี่ยนตำแหน่งของร่างกายอย่างรวดเร็วในทิศทางต่าง ๆ ด้วยความเร็วและแม่นยำ ทดสอบได้โดยการวิ่งเก็บของวิ่งหลบหลีก

4.2.2.2 การทรงตัว (Balance) สัมพันธ์กับการรักษาสมดุลของร่างกายขณะนิ่งหรือกำลังเคลื่อนไหว

4.2.2.3 การประสานงานของกล้ามเนื้อ (Coordination) สัมพันธ์กับความสามารถในการใช้ระบบสัมผัสต่าง ๆ เช่น การมองเห็น การได้ยิน ร่วมกับส่วนต่าง ๆ ของร่างกายในการทำกิจกรรมได้อย่างราบรื่นและแม่นยำ

4.2.2.4 กำลัง (Power) สัมพันธ์กับความสามารถในการออกแรงในอัตราที่คนหนึ่งสามารถทำได้ ทดสอบได้จากยืนกระโดดไกล

4.2.2.5 ความเร็ว (Speed) สัมพันธ์กับความสามารถในการทำการเคลื่อนไหวได้ในเวลาอันสั้น ทดสอบจากการวิ่งเก็บของ วิ่งเร็ว

4.2.2.6 ปฏิกิริยาตอบสนอง (Reaction Time) สัมพันธ์กับช่วงเวลาระหว่างการกระตุ้นกับจุดเริ่มต้นของการมีปฏิกิริยาตอบสนอง

ในการทดสอบสมรรถภาพทางกายแต่ละวิธี มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินองค์ประกอบแต่ละองค์ประกอบของสมรรถภาพทางกาย ในการวิจัยครั้งนี้ประเมินสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของร่างกายในการลำเลียงออกซิเจนไปให้กล้ามเนื้อสร้างพลังงาน เพื่อใช้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ในการหดตัวของกล้ามเนื้อ ร่างกายสามารถทำงานได้เป็นเวลานาน การที่บุคคลมีสมรรถภาพทางกายที่ดี สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ ต้องมีความทนทานของระบบหัวใจและไหลเวียนโลหิตรวมถึงระบบหายใจ ดังนั้นการวัดการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่สำคัญของการประเมินสมรรถภาพทางกาย ประสิทธิภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจสามารถวัดได้จากจากประเมินความแข็งแรงของหัวใจ ดัชนีบ่งชี้สมรรถภาพการทำงานของระบบไหลเวียนโลหิตและระบบหายใจได้แก่ อัตราการเต้นของหัวใจ (Heart Rate) ความดันโลหิต (Blood Pressure) การใช้ออกซิเจน (Oxygen Consumption) ปริมาณการไหลเวียนโลหิตใน 1 นาที (Minute Volume of Circulation) ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide Determination) และส่วนประกอบของโลหิต (Blood Composition) เป็นต้น

อัตราการเต้นของหัวใจคือ จำนวนครั้งที่หัวใจบีบตัวใน 1 นาที อัตราการเต้นของหัวใจต่อนาทีมีความสัมพันธ์กับการใช้ออกซิเจน ขณะที่มีการออกกำลังกายทั้งอัตราการเต้นของหัวใจและอัตราการใช้ออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นคู่กันเป็นแนวเส้นตรง การที่อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้นขณะที่มีการออกกำลังกายเป็นผลจากการควบคุมผ่านระบบประสาทอัตโนมัติ เพื่อปรับสมดุลให้มีเลือดไปเลี้ยงกล้ามเนื้อได้อย่างเพียงพอ เนื่องจากกล้ามเนื้อต้องการออกซิเจนเพิ่มขึ้น เพื่อใช้ในกระบวนการเผาผลาญพลังงานในขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจในเพศชายจะอยู่ที่ประมาณ 68-72 ครั้งต่อนาที ส่วนเพศหญิงจะมีอัตราการเต้นของหัวใจสูงกว่าเพศชายเล็กน้อย เนื่องจากมีขนาดหัวใจที่เล็กกว่า สำหรับอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดในขณะออกกำลังกายของแต่ละบุคคลจะขึ้นอยู่กับอายุ และความหนักของการออกกำลังกาย การคำนวณเพื่อหาอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดแต่ละบุคคลที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ การนำเอาอัตราการเต้นของหัวใจที่กำหนดเป็นมาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 220 ครั้งต่อนาทีลบด้วยอายุ (ปี) คนที่มีการพัฒนาสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ดี จะมีอัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก และขณะออกกำลังกายต่ำลง

เนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของระบบหัวใจและหลอดเลือดรวมถึงระบบหายใจสามารถชี้ให้เห็นถึงระดับสมรรถภาพทางกายว่ามีมากน้อยเพียงใด ดังนั้นจึงมีนักวิจัยศึกษาค้นคว้ากันอย่างกว้างขวาง ในการวัดสมรรถภาพการทำงานของหัวใจและการหายใจให้ออกมาเป็นปริมาณที่เปรียบเทียบได้ เพื่อใช้ในการประเมินความสามารถและประสิทธิภาพในการทำงานของแต่ละบุคคล จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่า การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเกณฑ์วัดที่ดีที่สุด เพราะมีความสัมพันธ์อย่างสูงกับขนาดร่างกาย จำนวนกล้ามเนื้อ ความสามารถของระบบไหลเวียนโลหิต และกระบวนการเมตาโบลิซึมของเซลล์

ความสามารถในการใช้ออกซิเจสูงสุด (Maximum Oxygen Consumption: VO_2 max) เป็นความสามารถของร่างกายที่นำออกซิเจนที่หายใจเข้าในปอดไปใช้สร้างพลังงานในเซลล์มากที่สุดในเวลา 1 นาที เป็นสิ่งสำคัญที่ใช้บอกระดับของการมีสมรรถภาพทางกาย (Fitness Level) ว่าอยู่ในกลุ่มใด เนื่องจากปริมาณการใช้ออกซิเจนสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถของระบบหัวใจและหลอดเลือด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และระบบหายใจที่จะสูบฉีดเลือดและขนส่งออกซิเจนไปยังกล้ามเนื้อที่กำลังทำงาน รวมถึงความสามารถของกล้ามเนื้อเหล่านั้นที่จะใช้ออกซิเจนด้วย โดยพบว่าในกลุ่มที่มีการดำเนินชีวิตในแต่ละวันไม่ค่อยเคลื่อนไหวร่างกาย (Sedentary Lifestyle) จะมีค่า VO_2 max ต่ำกว่าคนปกติ และค่า VO_2 max สูงขึ้นได้หลังออกกำลังกาย โดยค่าการใช้ออกซิเจน (VO_2) ขึ้นอยู่กับปริมาณเลือดที่สูบฉีดไปเลี้ยงร่างกายและผลต่างของออกซิเจนระหว่างหลอดเลือดแดงและหลอดเลือดดำดังสมการ

$$VO_2 = Q \times (a\text{-}v)\, O_2 \qquad (2)$$

Q = ปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจใน 1 นาที (Cardiac Output)

a = ปริมาณออกซิเจนในเลือดแดง (Content of Oxygen in Arterial Blood)

v = ปริมาณออกซิเจนในเลือดดำ (Content of Oxygen in Venous Blood

ค่า VO_2 ปกติประมาณ 200-250 มิลลิลิตร ต่อ นาที

การประเมินสมรรถภาพทางกายมีการวิธีการประเมินที่แตกต่างกัน บางงานวิจัยใช้การวัดพลังงานทั้งหมดที่ใช้ขณะออกกำลังกายเป็นหน่วยกิโลแคลอรี (Hillman, Kramer, Belopolsky, & Smith, 2006a, pp. 30-37; Themanson et al., 2006, pp. 757-765) การวัดด้วยวิธีนี้เป็นการประเมินสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการมีสมรรถภาพทางกายที่ดี บางงานวิจัยประเมินสมรรถภาพทางกายโดยให้ผู้ถูกทดสอบตอบแบบสำรวจประเมินตนเองเกี่ยวกับการดำเนินชีวิตและสุขภาพ แล้วนำมาคำนวณระดับสมรรถภาพทางกายจากตัวแปรอื่นๆ ซึ่งอาจจะทำให้คลาดเคลื่อนได้ (Shaughnessy, Zechmeister, & Zechmeister, 2006, pp. 4-12) มีนักวิจัยบางกลุ่มทดสอบสมรรถภาพทางกายโดยใช้การวัด Fitnessgram (Cooper Institute for Aerobics Research, 2004) โดยวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic Capacity) ความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ และส่วนประกอบของร่างกาย การวัดความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุดมีวิธีการวัดทั้งทางตรงและทางอ้อมหลายวิธีแต่ที่นิยมนำมาใช้ในทางปฏิบัติ ได้แก่ วิธี Astrand- Rhyming Test

ความสามารถในการใช้ออกซิจนสูงสุดแตกต่างกันไปตามสภาพด้านอายุ เพศ ขนาดรูปร่าง ได้มีการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะมีค่าสูงสุดจนถึงอายุ 20 ปี หลังจากนั้นจะค่อย ๆ ลดลง ปริมาณการใช้ออกซิเจนสูงสุดในเพศชายจะมีค่าอย่างน้อย 50 ml/ kg/ min ส่วนเพศหญิงมีค่าประมาณ 40 ml/ kg/ min

การพัฒนาสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจเป็นการฝึกเพิ่มสมรรถภาพในการใช้ออกซิเจนสูงสุด ซึ่งทำได้โดยการเพิ่มปริมาณเลือดที่ออกจากหัวใจในหนึ่งนาที วิธีการฝึกเพื่อเพิ่มสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจกระทำได้หลายวิธีดังนี้ (ธีรศักดิ์ อาภาวัฒนาสกุล, 2552)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1. การฝึกแบบต่อเนื่อง (Continuous Training) เป็นกิจกรรมที่ทำติดต่อกันโดยไม่มีช่วงหยุดพัก ใช้ระยะทางหรือระยะเวลาเป็นตัวกำหนด การฝึกอย่างต่อเนื่องจะต้องรักษาอัตราการปฏิบัติงานหรืออัตราการเคลื่อนไหวให้มีความคงที่สม่ำเสมอตลอดเวลาของการฝึก การกำหนดโปรแกรมการฝึกทำได้ 2 ลักษณะคือ

1.1 การฝึกแบบวิ่งช้าระยะทางยาว เป็นการฝึกแบบต่อเนื่องที่ใช้ความแรงในระดับต่ำกว่าระดับสูงสุดคือ ประมาณ 60 – 80% ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด แต่โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 70 % ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด ปฏิบัติอย่างคงที่สม่ำเสมอตลอดการฝึก การฝึกแบบนี้เป็นเทคนิคการฝึกทางด้านสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ได้ความนิยมมากที่สุด และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในกิจกรรมการฝึกใด ๆ ก็ได้ เช่น ว่ายน้ำและจักรยาน

1.2 การฝึกแบบฟาร์ตเลก เป็นการฝึกที่มีลักษณะเฉพาะของการฝึกแบบสลับช่วงร่วมอยู่ด้วย ส่วนมากฝึกในหมู่นักวิ่ง เป็นการวิ่งที่อัตราความเร็วที่แตกต่างกันตามความคิดอิสระนับตั้งแต่การวิ่งที่ความเร็วสูงไปจนถึงการวิ่งอย่างช้า ๆ เป็นการฝึกที่เน้นความสุขเป็นเป้าหมายไม่คำนึงถึงระยะทางและเวลา

2. การฝึกแบบสลับช่วง (Interval Training) เป็นการฝึกที่ถูกแบ่งออกเป็นช่วงโดยมีช่วงปฏิบัติกิจกรรมสลับกับช่วงพักหรือช่วงการฟื้นตัว การฝึกแบบสลับช่วงจะสามารถใช้ได้กับกีฬาหรือกิจกรรมเกือบทุกชนิด โดยการเลือกรูปแบบหรือวิธีการปฏิบัติ และปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับกีฬา ซึ่งตัวแปรที่จะต้องปรับให้เหมาะสมกับนักกีฬาแต่ละคนคือ อัตราความหนักและระยะทางที่ฝึกปฏิบัติในแต่ละช่วง จำนวนครั้งของการปฏิบัติซ้ำและจำนวนเซ็ตของแต่ละช่วงฝึก จำนวนเวลาที่ใช้ในการพักหรือฟื้นตัว ชนิดของกิจกรรมที่กำหนดให้ปฏิบัติในแต่ละช่วงพัก ความถี่ของการฝึกต่อสัปดาห์ วิธีการฝึกแบบสลับช่วงนิยมนำมาใช้ในโปรแกรมการฝึกเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายทั่วไป และประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของนักกีฬา เนื่องจากการฝึกในลักษณะนี้ทำให้เกิดการปรับตัวของระบบประสาทที่มีต่อการเคลื่อนไหวที่ใช้ในการแข่งขัน นอกจากนี้ระดับความหนักของการออกกำลังกายโดยวิธีนี้ อยู่ในขอบเขตของการเผาผลาญพลังงานในแบบแอโรบิคที่มากกว่าการฝึกแบบต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามได้มีการศึกษาเปรียบเทียบผลของการฝึกแบบสลับช่วงและการฝึกแบบต่อเนื่องที่มีต่อสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ พบว่ามีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

3. การฝึกแบบวงจร (Circle Training) เป็นการฝึกเพื่อพัฒนาความแข็งแรงของกล้ามเนื้อ ถึงแม้การฝึกแบบนี้จะทำให้มีอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดสูงขึ้นได้อย่างมากก็ตาม แต่อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุดที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นผลมาจาก การฝึกด้วยน้ำหนักต้านทานมากกว่าที่จะเกิดจากการใช้พลังงานโดยรวมของร่างกาย การฝึกแบบวงจรจะประกอบด้วยลำดับการฝึกที่แบ่งเป็นสถานีต่าง ๆ จำนวน 8-12 สถานี โดยแต่ละสถานีกำหนดให้มีการใช้กล้ามเนื้อแต่ละตำแหน่งโดยเฉพาะ แต่ผลทางด้านการใช้ออกซิเจนสูงสุดจะน้อยกว่าการฝึกแบบต่อเนื่องและแบบสลับช่วง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. การฝึกแบบกระทำซ้ำ ๆ (Repetition Training) มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความเร็วและทักษะในการวิ่ง

5. การฝึกแบบสลับชนิดกิจกรรม (Cross Training) เป็นการฝึกสลับกันหรือร่วมกันระหว่างชนิดของกิจกรรมตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป อาจฝึกวิ่งวันหนึ่ง ว่ายน้ำอีกวันหนึ่ง และขี่จักรยานอีกวันหนึ่ง ประโยชน์อย่างหนึ่งของการฝึกแบบนี้คือ การลดความเบื่อหน่ายของการฝึกด้วยกิจกรรมชนิดเดียวกันทุกวัน แต่ข้อเสียคือขาดการพัฒนาแบบเฉพาะเจาะจง

6. การฝึกแบบสลับช่วงร่วมกับการฝึกแบบวงจร เป็นแนวคิดใหม่ที่เกิดจากการรวมการฝึกแบบสลับช่วงและการฝึกแบบวงจรเข้าไว้ด้วยกัน

7. การฝึกแบบรวม การรวมวิธีฝึกหรือระบบการฝึกแบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เหมาะสำหรับการฝึกนักกีฬา จะทำให้มีโปรแกรมการฝึกที่หลากหลาย ลดความน่าเบื่อที่มีต่อการฝึกที่เป็นงานประจำ

การศึกษาที่แสดงให้เห็นถึงผลของการออกกำลังกายและการมีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจต่อการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของสมอง ฮิวแมน และคณะ (Hillman et al., 2005) พบว่า คนที่มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจสูง (High-Fit) มีความสูงของคลื่น P300 มากกว่า แต่ความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่า เมื่อเทียบกับคนที่มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจต่ำ (Low-Fit) และผลของการออกกำลังกายที่มีต่อความกว้างของคลื่น P300 พบในการทำกิจกรรมที่ยากมากกว่ากิจกรรมที่ง่าย ความสูงของคลื่น P300 ที่สูงขึ้นในคนที่มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจสูงนั้น ชี้ให้เห็นว่า มีความใส่ใจในกิจกรรมที่ทำมากขึ้น

การศึกษาผลของการออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวต่อการเปลี่ยนแปลงการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางด้วยการวัดคลื่นไฟฟ้าสมองยังให้ผลที่ขัดแย้งกันอยู่ ปัจจัยหนึ่งเป็นผลมาจากการใช้ความแรงของการออกกำลังกาย มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่า ความสูงของคลื่น P300 ลดลงภายหลังการออกกำลังกายด้วยความแรงระดับหนักมาก (90 % HRmax) แต่ความสูงของคลื่น P300 สูงขึ้น ภายหลังออกกำลังกายด้วยความแรงระดับปานกลางถึงหนัก (60-80 % HRmax) (Kamijo et al., 2004).

4.3 ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของการออกกำลังกาย

การออกกำลังกายก่อให้เกิดสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดี หรือส่งเสริมให้เกิดการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่เหมาะสมขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ (Plowman et al., 2008)

4.3.1 ชนิดของการออกกำลังกาย (Exercise Modality or Mode) โดยทั่วไปแล้วการแบ่งชนิดของการออกกำลังกายแบ่งได้เป็นหลายแบบขึ้นอยู่กับว่าใช้หลักเกณฑ์อะไรในการแบ่ง เช่น แบ่งตามแหล่งพลังที่ใช้จะมี 2 ชนิดคือ การออกกำลังกายแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic Exercise) และไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Exercise) บางครั้งอาจแบ่งชนิดของการออกกำลังกายตามลักษณะการเคลื่อนไหวก็ได้ ซึ่งจะแบ่งออกได้ เป็น 2 แบบคือ แบบร่างกายมีการเคลื่อนไหว (Dynamic Exercise)

เช่นการเดิน การวิ่ง การเต้นแอโรบิค การยืดกล้ามเนื้อและเส้นเอ็น กับแบบที่ร่างกายเกร็งกล้ามเนื้ออยู่กับที่ (Static Exercise) เช่น การฝึกยกน้ำหนัก เกร็งอยู่กับที่ หรือบางทีอาจแบ่งโดยอาศัยทั้งพลังงานที่ใช้และลักษณะการเคลื่อนไหวร่วมกัน

4.3.2 ความแรงของการออกกำลังกาย (Exercise Intensity) ส่วนมากมักแบ่งเป็น 2 ระดับคือ ความแรงสูงสุด (Maximal Exercise) และความแรงต่ำกว่าความแรงสูงสุด (Submaximal Exercise) โดยที่ Maximal Exercise หมายถึงการใช้แรงมากที่สุดหรือใช้ระยะเวลานานที่สุดที่ผู้ปฏิบัติสามารถทนได้ ซึ่งประเมินได้จากอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Maximal Heart Rate: HR max) ส่วน Submaximal Exercise อธิบายในแง่ของความแรงในการออกกำลังกายและเปอร์เซ็นต์ของอัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด (Percentage of Maximal Heart Rate: % of HR Max) ถ้าพิจารณาตามเปอร์เซ็นต์เทียบกับค่าสูงสุดของการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในร่างกาย (อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด การใช้ออกซิเจนสูงสุด) แบ่งความแรงของการออกกำลังกายได้ดังนี้

4.3.2.1 ระดับเบา (Low or Light) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 54 % of Maximum

4.3.2.2 ระดับปานกลาง (Moderate) 55-69 % of Maximum

4.3.2.3 ระดับหนักหรือแรง (Hard or Heavy) 70-89 % of Maximum

4.3.2.4 ระดับหนักมากหรือแรงมาก (Very Hard or Very Heavy) 90-99 % of Maximum

4.3.2.5 ระดับความแรงสูงสุด (Maximal) 100 % of Maximum

4.3.2.6 ระดับเกินความแรงสูงสุด (Supramaximal) มากกว่า 100 % of Maximum

4.3.3 ระยะเวลาของการออกกำลังกาย (Duration) หมายถึงช่วงระยะเวลาที่กล้ามเนื้อมีการทำงานอย่างต่อเนื่อง แบ่งออกได้เป็น ระยะเวลาสั้นมาก ใช้เวลา 1-60 วินาที ระยะเวลาสั้น ใช้เวลา 1-25 นาที และระยะยาว ใช้เวลามากกว่า 25 นาที

4.4 ประเภทของการออกกำลังกาย

เมื่อพิจารณาทั้งชนิด ความแรง ระยะเวลาการออกกำลังกาย สามารถแบ่งประเภทการออกกำลังกายได้ดังนี้ (Plowman et al., 2008)

4.4.1 Short-Term, Light to Moderate Submaximal Aerobic Exercise เป็นการออกกำลังกายที่ใช้ออกซิเจนเป็นแหล่งพลังงาน ติดต่อกันอย่างต่อเนื่องด้วยความแรง 30-69 % ของอัตราการเต้นของหัวใจหรืออัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุดเป็นเวลา 10-15 นาที

4.4.2 Long-Term, Moderate to Heavy Submaximal Aerobic Exercise เป็นแบบที่ใช้การทำงานของกล้ามเนื้ออย่างต่อเนื่องเป็นจังหวะ ด้วยความแรงประมาณ 55-89 % of Maximum เป็นเวลา 30 นาที ถึง 4 ชั่วโมง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.4.3 Incremental Aerobic Exercise to Maximum เป็นการออกกำลังกายที่เริ่มจากความแรงที่ระดับต่ำและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึง 100 % of Maximum โดยในช่วงเริ่มแรกจะใช้ออกซิเจนเป็นแหล่งพลังงาน แต่หลังจากนั้นจะมีการสังเคราะห์พลังงานแบบไม่ใช่ออกซิเจนร่วมด้วย ความแรงของการออกกำลังกายจะเป็นช่วง ๆ ช่วงละประมาณ 1-10 นาที ใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 5-30 นาที

4.4.4 Static Exercise เป็นการเกร็งกล้ามเนื้ออยู่กับที่ทำให้เกิดแรงดันในกล้ามเนื้อโดยไม่มีการเคลื่อนไหวร่างกาย แรงที่เกิดจากการหดเกร็งของกล้ามเนื้อวัดได้จาก เปอร์เซ็นต์การหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximal Voluntary Contraction: MVC) ระยะเวลาในการทำสัมพันธ์กับ % MVC โดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 2-10 นาที

4.4.5 Dynamic Resistance Exercise เป็นการออกกำลังกายที่ใช้แรงของกล้ามเนื้อเพื่อเอาชนะแรงต้านที่กระทำต่อกล้ามเนื้อเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว เช่น การยกน้ำหนัก เป็นการออกกำลังกายทั้งแบบใช้และไม่ใช้ออกซิเจน แต่ส่วนใหญ่จะไม่ใช้ออกซิเจน

4.5 การฝึกออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การออกกำลังกายแบบแอโรบิคคือ การออกกำลังกายใด ๆ ก็ตามอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งมีการเพิ่มการใช้ออกซิเจนในการกระบวนการเผาผลาญสารอาหาร เพื่อสร้างพลังงานของร่างกายมากขึ้น เมื่อต้องใช้ออกซิเจนมากขึ้น ระบบหายใจและระบบไหลเวียนโลหิตก็ต้องทำงานเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การออกกำลังกายแบบนี้จึงเป็นการฝึกความทนทานของปอดและหัวใจ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อให้สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจ (Cardiorespiratory Fitness) อันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการมีสมรรถภาพทางกายที่ดี ในทางปฏิบัติประเมินได้จากการวัดค่า VO_2 max ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการขนส่งและใช้ออกซิเจน สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจขณะที่ออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง ในการออกกำลังกายแบบแอโรบิคนั้นมีหลักการพื้นฐาน (ACSM, 1998, pp. 12- 20)

การออกกำลังกายแบบแอโรบิคมีหลักสำคัญที่จำเป็นต้องพิจารณาคือ ความแรง (Intensity) ระยะเวลา (Duration) ความถี่ (Frequency) ของการออกกำลังกาย ตัวแปรทั้ง 3 นี้มักใช้เป็นตัวย่อ FIT (F = Frequency, I = Intensity และ T = Time or Duration)

4.5.1 ความแรงของการออกกำลังกาย

ความแรงของการออกกำลังกายมีผลต่อการเพิ่ม VO_2 max การพิจารณาความแรงของการออกกำลังกายจะสัมพันธ์กับอัตราการเต้นของหัวใจ (HR) อัตราการใช้ออกซิเจน (VO_2) และ Rating of Perceived Exertion (RPE) แต่ในการศึกษาในห้องทดลองนิยมใช้อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจเป็นตัวกำหนดความแรงของการออกกำลังกาย การคำนวณหาความแรงของการออกกำลังกายโดยใช้อัตราการใช้ออกซิเจนและอัตราการเต้นของหัวใจมีดังนี้

4.5.1.1 อัตราการใช้ออกซิเจน โดยทดสอบค่าความสามารถในการใช้ออกซิเจนสูงสุด (VO_2 max) ของแต่ละคนในห้องทดลอง ค่า VO_2 max นี้จะถูกวัดขณะที่ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกาย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพื่อดูการใช้ออกซิเจน ค่า VO_2 max ที่วัดได้เกิดจากความแตกต่างระหว่างค่าการใช้ออกซิเจนขณะออกกำลังกายกับขณะพัก

4.5.1.2 อัตราการเต้นของชีพจร โดยคำนวณจากค่าของอัตราการเต้นของชีพจรสูงสุด (HRmax) ซึ่งหาได้ 2 วิธีคือจากการคำนวณ โดยเอา 220 - อายุ (ปี) หรือจากทดสอบขณะออกกำลังกายในห้องทดลอง แล้วจึงกำหนดความหนักว่าจะใช้เป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของ HR max

ฝ่ายวิทยาศาสตร์การกีฬา การกีฬาแห่งประเทศไทย เสนอการหาความหนักของการออกกำลังกายที่ฝึกความอดทน และการทำงานของระบบหัวใจและไหลเวียนเลือดและระบบหายใจ โดยอาศัยอัตราการเต้นของหัวใจขณะพักเป็นตัวกำหนดความแรงของการออกกำลังกาย ซึ่งสามารถคำนวณหาอัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมายในการออกกำลังกายแบบแอโรบิคได้จาก

$$WHR = \{(HR\ max - RHR) \times (X\ \%)\} + RHR \quad (3)$$

WHR = อัตราการเต้นของหัวใจเป้าหมาย

RHR = อัตราการเต้นของหัวใจขณะพัก

HRmax = 208 - (0.7 X อายุ)

X = ความแรงของการออกกำลังกาย

4.5.2 ระยะเวลาของการฝึก

จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาการฝึก 15-45 นาที จึงจะมีผลต่อการเพิ่มของ VO_2 max (Wenger & Bell, 1986) โดยที่ระยะเวลาการฝึก 35-45 นาที เพิ่ม VO_2 max เล็กน้อยเมื่อเทียบระยะเวลา 15-25 นาที หรือ 25-35 นาที แต่การจะใช้ระยะเวลาการฝึกช่วงใดนั้นต้องคำนึงควบคู่ไปกับความแรงของการฝึกด้วย ถ้าใช้เวลาเพียง 25-35 นาที ควรใช้ความแรง 90-100 % แต่ถ้าใช้ระยะเวลาการฝึก 35-45 นาที ใช้ความแรงการฝึกแค่ระดับปานกลางถึงหนัก (50-90 %) ACSM ได้เสนอแนะว่าการฝึกที่เหมาะสมคือ ใช้ระดับความแรงปานกลางและระยะเวลายาว จะทำให้เกิดการบาดเจ็บต่อกล้ามเนื้อน้อยกว่าและประสิทธิภาพดีกว่า ดังนั้นในวัยผู้ใหญ่การออกกำลังกายที่ส่งเสริมให้สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้น ควรเป็นที่ความแรงระดับปานกลางถึงหนัก (55-89 % HRR หรือ 40-84 % VO_2 max) ใช้เวลา 20-60 นาที

4.5.3 ความถี่ของการออกกำลังกาย

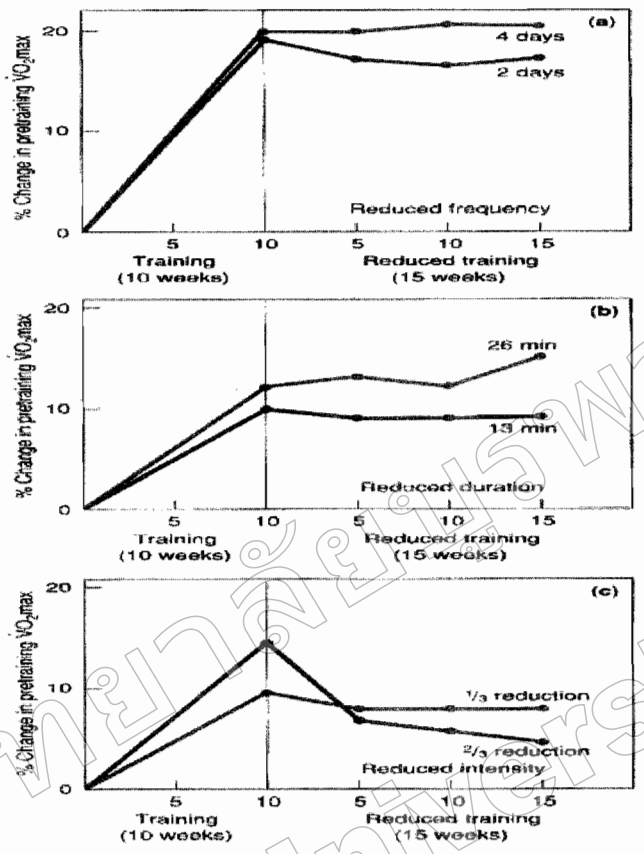
การเพิ่มของ VO_2 max เป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนวันที่ใช้ในการฝึกต่อสัปดาห์ (Wenger & Bell, 1986, pp. 346-350) โดยทั่วไปแล้วถ้าออกกำลังกายน้อยกว่า 2 วันต่อสัปดาห์จะไม่ทำให้ค่า VO_2 max เพิ่มขึ้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าจำนวนวันมากขึ้นไปเรื่อย ๆ จะทำให้ค่า VO_2 max เพิ่มขึ้น เพราะการออกกำลังกายสัปดาห์ละ 4 วันมีผลเพิ่ม VO_2 max ไม่แตกต่างจากการออกกำลังกาย 5 วัน ถึงแม้จะมีการศึกษาพบว่า การออกกำลังกาย 6 วันต่อสัปดาห์ช่วยเพิ่ม VO_2 max มากขึ้นก็ตาม ACSM แนะนำให้ออกกำลังกายสัปดาห์ละ 3-5 วันต่อสัปดาห์ จุดประสงค์ที่ไม่ต้องออกกำลังกายทุกวัน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

เพราะร่างกายต้องมีช่วงที่หยุดพัก เพื่อซ่อมแซมกล้ามเนื้อและเอ็นซึ่งอาจจะมีการบาดเจ็บให้สมบูรณ์และกลับมาปกติ รวมทั้งมีเวลาพักเพื่อสะสมไกลโคเจนในกล้ามเนื้อและตับอีกด้วย และเหตุที่ไม่ควรอ่อกกำลังกายน้อยกว่า 3 วันต่อสัปดาห์ เพราะระดับความสามารถในการใช้ออกซิเจน (Aerobic Capacity) จะอยู่ในระดับต่ำ มีหลายงานวิจัยศึกษาเปรียบเทียบค่า Aerobic Capacity ที่ความถี่ของการออกกำลังกายต่างกัน (1, 2, 3, 4 และ 5 วัน) ในขณะที่ความแรงระดับปานกลางเท่ากัน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกาย 3 วันต่อสัปดาห์มีค่า Aerobic Capacity ไม่แตกต่างจากการออกกำลังกาย 4 หรือ 5 วันต่อสัปดาห์ แต่ถ้าปรับความแรงของการออกกำลังกายเป็นระดับเบา ความถี่ของการออกกำลังกายต้องเป็น 5 วันต่อสัปดาห์ จึงจะมีผลทำให้ Aerobic Capacity เพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าระดับความแรงของการออกกำลังกายมีผลค่อนข้างมากต่อประสิทธิภาพที่ได้จากการฝึก

การฝึกออกกำลังกายให้มีสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจที่ดีนั้น ต้องทำอย่างต่อเนื่องระยะยาว ดังนั้นความแรง ระยะเวลาและความถี่ของการออกกำลังกาย ควรจะมีการคงเดิม (Maintenance) จากการศึกษาผลของการลดลงของความแรง ระยะเวลาและความถี่ของการฝึก โดยให้ออกกำลังกาย (ขี่จักรยาน, วิ่ง) 40 นาที 6 วันต่อสัปดาห์ ติดต่อกัน 10 สัปดาห์ และวัดค่า VO_2 max เป็นระยะ ๆ ชี้ให้เห็นว่า ค่า VO_2 max เพิ่มขึ้นตลอด 10 สัปดาห์ แต่ภายหลัง 10 สัปดาห์ ผู้วิจัยปรับลดทั้งความแรง ระยะเวลา และความถี่ของการออกกำลังกาย และวัดค่า VO_2 max ต่อจนถึงสัปดาห์ที่ 15 (ภาพที่ 13) ผลปรากฏว่า เมื่อลดความถี่ของการฝึกเป็น 4 วัน และ 2 วันโดยให้ความแรงของการออกกำลังกายคงที่เท่าเดิม ค่า VO_2 max ยังคงระดับเดิม (a) เมื่อระยะเวลาการฝึกลดลงเป็น 26 นาที และ13 นาที ความแรงของการออกกำลังกายเท่าเดิม ค่า VO_2 max ก็ยังคงระดับเดิม (b) แต่เมื่อลดความแรงของการออกกำลังกายเหลือ 2 ใน 3 และ1 ใน3 ของความแรงเดิมที่ใช้ ปรากฏว่าไม่สามารถรักษาระดับของ VO_2 max ไว้ได้ (c) จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า ความแรงของการออกกำลังกายมีผลอย่างมากต่อประสิทธิภาพของการออกกำลังกายที่จะทำให้เกิดสมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้นได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนัก ความถี่ และระยะเวลาการออกกำลังกายกับเปอร์เซ็นต์ VO_2 max (Plowman et al., 2008)

แม้ว่าการออกกำลังกายเพื่อพัฒนาสมรรถภาพทางกายโดยเฉพาะระบบหัวใจและหลอดเลือดและระบบหายใจนั้น ควรต้องมีลักษณะเฉพาะที่เหมาะสมกับแต่ละบุคคล แต่หลักพื้นฐานที่ควรพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกาย หลักที่ผู้วิจัยใช้ในการกำหนดโปรแกรมการออกกำลังกายบนลู่วิ่งไฟฟ้าได้แก่ หลักเกี่ยวกับความหนักเกินปกติ (Overload Principle) นับเป็นหัวใจสำคัญของการฝึกการออกกำลังกาย โดยที่การออกกำลังกายที่จะเสริมสร้างสมรรถภาพทางกายนั้นต้องมีภาระงานเกินกว่าปกติที่ทำอยู่ การพิจารณาว่าจะกำหนดปริมาณงานที่มีความแรงเกินกว่าปกติเท่าใดนั้น ต้องประเมินทางด้านสรีรวิทยาของแต่บุคคล เช่น อัตราการเต้นของหัวใจในขณะพัก อัตราการเต้นของหัวใจสูงสุด และอัตราการใช้ออกซิเจนสูงสุด แล้วจึงพิจารณาปัจจัยพื้นฐาน 3 ประการ ได้แก่ ความถี่ ระยะเวลาและความแรงของการฝึก นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงหลักเกี่ยวกับความก้าวหน้า (Principle of Progression) คือ การเพิ่มปริมาณงานให้มีความแรงเกินปกติจากที่เคยทำมาก่อนหน้านี้ เนื่องจากร่างกายมีการปรับตัวจึงควรเพิ่มภาระงานเกินปกติในระดับใหม่ที่สูงมากขึ้นมาใช้ในการฝึกเพื่อกระตุ้นให้ร่างกายมีการปรับตัวพัฒนาขึ้นต่อไปอีก การเพิ่มความก้าวหน้าจะใช้วิธีการค่อย ๆ เพิ่ม

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ความแรงของงานหรือการออกกำลังกายทีละน้อยในช่วงสัปดาห์แรก ๆ ของการฝึก ความแรงของการออกกำลังกายที่เกินปกตินี้ต้องไม่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหรือช้าจนเกินไป การเพิ่มอัตราความก้าวหน้าช้าเกินไปจะทำให้การพัฒนาสมรรถภาพถูกจำกัด ส่วนการเพิ่มอัตราความก้าวหน้าเร็วเกินไป จะทำให้เกิดอาการล้าเรื้อรังและอาการบาดเจ็บได้ พาวเวอร์และดร็อด (Powers & Dodd, 1997, pp. 20-35) ได้เสนอแนวทางง่าย ๆ สำหรับการพัฒนาสมรรถภาพทางกายและหลีกเลี่ยงอาการบาดเจ็บเนื่องจากการฝึกหนักมากเกินไป โดยการเพิ่มความแรงและระยะเวลาของการฝึกจะต้องไม่เกินกว่า 10 % ต่อสัปดาห์

4.6 ประโยชน์ของการออกกำลังกายแบบแอโรบิค

การออกกำลังกายแบบแอโรบิค เป็นรูปแบบหนึ่งของการออกกำลังกายที่ต้องกระทำติดต่อกันเป็นเวลา 30 นาทีขึ้นไป เนื่องจากแหล่งพลังงานที่ใช้เพื่อให้กล้ามเนื้อสามารถทำงานติดต่อกันได้นาน ๆ นั้นจะต้องอาศัยกระบวนการสังเคราะห์พลังงานที่ต้องใช้ออกซิเจน ซึ่งจะเกิดได้ต่อเมื่อกล้ามเนื้อมีการหดตัวนานเกินกว่า 30 นาที ปัจจุบันมีการศึกษาถึงประโยชน์ของการออกกำลังกายโดยเฉพาะแบบแอโรบิค ส่งเสริมให้สมรรถภาพของหัวใจและการหายใจดีขึ้น มีประโยชน์ทั้งต่อร่างกาย อารมณ์และจิตใจ ตลอดจนความสามารถทางปัญญาและการทำหน้าที่ของสมอง

4.6.1 ผลต่อสุขภาพกาย มีการศึกษาจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายส่งผลดีต่อการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ได้แก่ ระบบหัวใจและหลอดเลือด การออกกำลังกายทำให้หลอดเลือดมีความยืดหยุ่นดีขึ้น ช่วยลดความดันโลหิต ป้องกันการเกิดโรคความดันโลหิตสูง และลดโอกาสเสี่ยงของการเป็นโรคหัวใจวาย นอกจากนี้ยังเพิ่มประสิทธิภาพการสูบฉีดเลือดออกจากหัวใจ ทำให้เลือดไปเลี้ยงอวัยวะต่าง ๆ รวมทั้งหัวใจดีขึ้น (Olchawa et al., 2004, p. 1087) การออกกำลังกายแบบแอโรบิคอย่างสม่ำเสมอจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกัน ทำให้ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์ที่ผิดปกติได้ และเพิ่มการไหลเวียนของเม็ดเลือดขาว ลดปัจจัยเสี่ยงการเป็นมะเร็งเต้านม มะเร็งระบบอวัยวะสืบพันธุ์ ช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้ (Brownson, Chang, David, & Smith, 1991, p. 639) นอกจากนี้ยังทำให้ระบบทางเดินหายใจทำงานดีขึ้น ทรวงอกขยายใหญ่ กล้ามเนื้อที่ใช้ในการหายใจมีความแข็งแรงทำงานได้ดีขึ้น ทำให้ปริมาตรอากาศที่หายใจเข้าหรือหายใจออกแต่ละครั้งเพิ่มขึ้น และเพิ่มปริมาตรอากาศที่หายใจออกเต็มที่ภายหลังหายใจเข้าเต็มที่ถึงร้อยละ 20 นอกจากนี้ยังทำให้อัตราการหายใจช้าลง ความลึกของการหายใจเพิ่มขึ้น และทำให้ปริมาตรการไหลเวียนเลือดเข้าสู่ปอดได้ดีขึ้น มีการใช้ออกซิเจนอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพิ่มความทนทานและความสามารถในการปฏิบัติกิจกรรมการออกกำลังกาย และกิจกรรมการทำงานต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

4.6.2 ผลต่ออารมณ์และจิตใจ มีการศึกษาวิจัยที่สนับสนุนได้ว่า คนที่มีการเคลื่อนไหวร่างกายหรือออกกำลังกายสม่ำเสมอ มีความทนต่อภาวะเครียดได้ดีกว่าคนที่ไม่ออกกำลังกาย นอกจากนี้การออกกำลังกายยังมีผลช่วยลดอาการซึมเศร้าได้ (Gauvin, Rejeski, & Norris, 1996, p. 391)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4.6.3 ผลต่อความสามารถทางปัญญาและการทำหน้าที่ของสมอง จากการศึกษาทั้งในสัตว์ทดลองและในคนแสดงให้เห็นว่า การออกกำลังกายแบบแอโรบิคซึ่งเป็นการออกกำลังกายแบบต่อเนื่องระยะยาว และการมีสมรรถภาพทางกายที่ดี มีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางปัญญา การศึกษาในสัตว์ทดลองมีหลักฐานเชิงประจักษ์ที่ชัดเจนยืนยันได้ว่า การออกกำลังกายเช่น การวิ่งบนวงล้อ (Running Wheels) มีผลทำให้เซลล์ประสาทมีการปรับตัวและสร้างเครือข่ายใยประสาทมากขึ้น (Plasticity) มีการงอกของเดนไดรต์ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์ประสาทที่มีหน้าที่รับข้อมูลเพิ่มขึ้น อันเป็นผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้และความจำ

สำหรับการศึกษาในคนนั้น มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายกับความสามารถของสมองมานาน ในสาขาจิตวิทยาเป็นการศึกษาพฤติกรรมที่ปรากฏออกมาเช่น การวัดความถูกต้องในการตอบ ระยะเวลาการตอบสนองซึ่งสะท้อนถึงความเร็วในการส่งข้อมูลในสมอง การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายกับความเร็วในการส่งข้อมูลและความถูกต้องในการตอบเป็นการศึกษาเปรียบเทียบกลุ่มที่ออกกำลังกายหรือมีสมรรถภาพทางกายดีกับกลุ่มที่ไม่ออกกำลังกายหรือมีสมรรถภาพทางกายต่ำ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายหรือมีสมรรถภาพทางกายดีมีความไวในการตอบสนองหรือตอบแบบทดสอบทางจิตวิทยาได้เร็วกว่า (ระยะเวลาการตอบสนองน้อยกว่า) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า การศึกษาในเรื่องการออกกำลังกายมักทำกันในวัยเด็ก วัยผู้ใหญ่ตอนปลาย และวัยชรา (Hillman et al., 2006, p. 33; Colcombe et al., 2003, p. 125) มีงานวิจัยที่ศึกษาผลการออกกำลังกายอย่างต่อเนื่องในวัยผู้ใหญ่ตอนต้นค่อนข้างน้อย

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับการเคลื่อนไหวร่างกาย (Physical Activity Level) กับความสามารถทางสมองในเด็กอายุ 8-14 ปี โดยแบ่งเป็นช่วงอายุ วัดความสามารถทางปัญญา 8 ด้าน ได้แก่ ทักษะการรับรู้ ระดับสติปัญญา (IQ) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภาษา คณิตศาสตร์ ความจำ การอ่านทางวิชาการ ผลปรากฏว่า การเคลื่อนไหวร่างกายมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความสามารถทางปัญญาทุกด้าน ยกเว้นด้านความจำ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ค่อนข้างสูงในช่วงวัย 4-7 ปี และ 11-13 ปี เมื่อเทียบกับช่วงอายุ 8-10 ปี และ 14-18 ปี (Sibley & Etnier, 2003, pp. 243-253) นอกจากนี้มีนักวิจัยที่ให้ความสนใจศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนไหวร่างกายกับการปฏิบัติทางวิชาการในเด็กวัยเรียน ผลที่ได้ก็แสดงให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์ทางบวก (Castelli, Hillman, Buck, & Erwin, 2007, p. 239).

ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิจัยเชิงทดลองมากขึ้น บางงานวิจัยวัดผลการออกกำลังกายแบบครั้งเดียว (Acute Exercise) ที่มีต่อกระบวนการทางสมอง (Hillman et al., 2003, p. 317; Themanson et al., 2006, pp. 757-762; Chang & Etnier, 2009, pp. 19- 22) บางงานวิจัยศึกษาผลการฝึกออกกำลังกายอย่างต่อเนื่อง (Training) ที่มีต่อกระบวนการทางสมอง (Colcombe et al., 2004, pp. 3316- 3323) การศึกษาผลของการออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวต่อกระบวนการในสมอง

ให้ผลการศึกษาที่ยังไม่สอดคล้องกัน บางงานวิจัยเสนอแนะว่า การออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการในสมอง ฮิวแมน และคณะ (Hillman et al., 2003, pp. 307-312) ศึกษาผลการออกกำลังกายแบบแอโรบิคครั้งเดียวที่มีต่อหน้าที่บริหารจัดการของสมอง โดยศึกษาทั้งเพศชายและหญิงจำนวน 19 คน อายุเฉลี่ย 20.5 ปี ผู้ถูกทดสอบจะได้รับการประเมินสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดด้วยวิธี GXT และวัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำ Eriksen Flanker Task ซึ่งเป็นกิจกรรมประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวกับการยับยั้งไม่สนใจสิ่งกระตุ้นที่ไม่เกี่ยวข้อง ก่อนและหลังการออกกำลังกาย ผู้ถูกทดสอบออกกำลังกายด้วยการวิ่งบนสายพานความแรง Submaximal Level เป็นเวลา 30 นาที ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ภายหลังออกกำลังกายมีความสูงของคลื่น P300 สูงกว่าและความกว้างของคลื่น P300 น้อยกว่าเมื่อเทียบกับก่อนออกกำลังกาย ผู้วิจัยเสนอแนะว่า การที่ความสูงของคลื่นเพิ่มขึ้นเกี่ยวข้องกับกระบวนการในสมองที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งความสนใจในการทำกิจกรรม (Allocation of Attention) แสดงว่า ผู้ถูกทดสอบมีความใส่ใจในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้น ส่วนความกว้างของคลื่นลดลงแสดงถึง ความเร็วในกระบวนการส่งข้อมูลในสมองที่ใช้เวลาลดลง การออกกำลังกายทำให้สมองมีสภาวะตื่นตัวและสรุปว่า การออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวมีผลให้กระบวนการทำงานของสมองขณะทำกิจกรรมที่ใช้หน้าที่บริหารจัดการของสมองดีขึ้น

ความสัมพันธ์ทางบวกระหว่างการออกกำลังกายครั้งเดียวกับกระบวนการทำงานของสมองสนับสนุนด้วยงานวิจัยของชานและคณะ (Chang et al., 2009, pp. 19-22) ที่ศึกษาผลการออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านขณะออกกำลังกายที่มีต่อปฏิบัติการทางปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้ใหญ่อายุ 35-65 ปี เพศหญิงและเพศชาย จำนวน 50 คน แบ่งเป็นกลุ่มควบคุมกับกลุ่มออกกำลังกาย ผู้ถูกทดสอบได้รับการประเมินกระบวนการทางสมองด้วยการทำ Stroop Test ซึ่งเป็นแบบทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบการยับยั้งไม่สนใจสิ่งกระตุ้นที่ไม่เกี่ยวข้อง (Inhibition) และ Trail Making Test (TMT) ซึ่งเป็นแบบทดสอบหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวข้องกับการใส่ใจก่อนและหลังออกกำลังกาย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กลุ่มที่ออกกำลังกายโดยใช้แรงต้านมีความไวในการทำ Stroop Test มากกว่ากลุ่มควบคุม ส่วนการทำ Trail Making Test ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มควบคุมกับกลุ่มออกกำลังกาย ผู้วิจัยสรุปว่า การออกกำลังกายแบบใช้แรงต้านเพียงครั้งเดียวมีผลทางบวกกับหน้าที่บริหารจัดการของสมองเฉพาะองค์ประกอบด้าน inhibition

การศึกษาของทรีแมนซัน และคณะ (Themanson, 2006, p. 757) พบว่า การออกกำลังกายเพียงครั้งเดียวไม่มีผลต่อกระบวนการทางสมอง แต่การมีสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดที่ดีมีผลเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการทำงานของสมอง ผู้วิจัยศึกษาในกลุ่มนักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้งเพศหญิงและเพศชาย จำนวน 28 คน อายุเฉลี่ย 20.5 ปี ผู้วิจัยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ในช่วงแรกกลุ่มตัวอย่างได้รับการตรวจคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำ Eriksen Flanker Task โดยวัดคลื่นไฟฟ้าสมองที่มีส่วนประกอบของคลื่นที่เป็นดัชนีประเมินกระบวนการสมองเกี่ยวกับการติดตาม

ขณะทำกิจกรรมให้สำเร็จ ได้แก่ Error-Related Negative (ERN) Error Positive (Pe) และ N2 และวัดสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดด้วย GXT จากค่า VO_2 max ที่วัดได้ ผู้วิจัยแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็นกลุ่มสมรรถภาพสูงกับกลุ่มสมรรถภาพต่ำ ช่วงที่ 2 ห่างจากช่วงแรกไม่เกิน 7 วัน กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดิมมาออกกำลังกายบนลู่วิ่งเป็นเวลา 30 นาที หลังจากที่กลุ่มตัวอย่างพักจนชีพจรกลับมาอยู่ที่ประมาณ 10 % ของชีพจรก่อนออกกำลังกาย วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำกิจกรรม Eriksen Flanker Task อีกครั้ง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า กลุ่มที่มีสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดสูงมีความสูงของคลื่น ERN ลดลง และความสูงของคลื่น Pe เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกลุ่มที่มีสมรรถภาพของหัวใจและหลอดเลือดต่ำ ในขณะที่ก่อนและหลังการออกกำลังกายครั้งเดียวไม่พบว่ามีความแตกต่างของแต่ละองค์ประกอบของคลื่นไฟฟ้าเลย

ซิสโก แอนดริว และเจ (Scisco, Andrew, & Jie, 2008, pp. 52-58) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพของระบบหัวใจและหลอดเลือดกับกระบวนการทางสมอง ผลการศึกษาที่ได้ไม่ตรงกับการศึกษาของทรีแมนซัน และคณะ (Themanson et al., 2006, p. 757-760) ผู้วิจัยศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 52 คน อายุ 18-28 ปี แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกประเมินสมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดด้วยการวัด VO_2 max ช่วงที่ 2 วัดคลื่นไฟฟ้าสมองขณะทำ Switch Task ซึ่งเป็นกิจกรรมประเมินหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบด้าน Shifting ผู้วิจัยวิเคราะห์ตัวแปรที่เป็นคลื่นไฟฟ้า 4 ตัวแปร ผลการศึกษาปรากฏว่า สมรรถภาพหัวใจและหลอดเลือดไม่สัมพันธ์กับหน้าที่บริหารจัดการของสมอง

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการออกกำลังกายครั้งเดียวและสมรรถภาพทางกายกับกระบวนการทำงานของสมอง ยังให้ผลไม่ตรงกัน แต่งานวิจัยส่วนใหญ่ชี้ให้เห็นว่า สมรรถภาพทางกายมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ ของหน้าที่บริหารจัดการของสมอง (Themanson & Pontife, 2008, pp. 319-322; Kamijo & Takeda, 2010, pp. 304-310) และจากการวิเคราะห์งานวิจัยพบว่าปัจจัยที่อาจมีผลต่อผลการวิจัยที่ไม่ตรงกัน อาจเป็นเพราะความแตกต่างระหว่างบุคคลของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษา กิจกรรมที่วัดองค์ประกอบหน้าที่บริหารจัดการของสมองที่แตกต่างกัน เพราะกิจกรรมที่ง่ายเกินไปหรือไม่เหมาะสมกับวัยที่ศึกษาทำให้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของหน้าที่บริหารจัดการของสมองได้ รวมถึงชนิดของการออกกำลังกาย

นอกจากมีการศึกษาผลการออกกำลังกายกับกระบวนการในสมองแล้ว ยังมีการศึกษาผลของการออกกำลังกายกับการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและชีววิทยาของสมอง ทำให้เข้าใจกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากระบวนการเรียนรู้ การออกกำลังกายมีผลลดการเสื่อมของเซลล์ประสาท (Brain Tissue Loss) เพิ่มปริมาตรเลือดในสมอง (Cerebral Bood Volume) และ การเจริญของเซลล์สมอง (Angiogenesis) บริเวณสมองที่เกี่ยวข้องกับการทำกิจกรรมนั้น ๆ มีการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่าการฝึกออกกำลังกายเป็นระยะเวลา 3 เดือนมีผลเพิ่มปริมาณเลือดในสมอง การเรียนรู้ทางด้านภาษา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

และความจำดีขึ้น ช่วยเพิ่มสารสื่อประสาท ได้แก่ โดปามีน (Dopamine) และ นอร์อิพิเนฟฟิน (Norepinephrine) ซึ่งสารสื่อประสาทเหล่านี้เกี่ยวข้องกับกระบวนการส่งข้อมูลในสมอง (Information Processing) หรือที่รู้จักกันในนาม สมมติฐานของการตื่นตัว (Arousal Hypothesis) นอกจากนี้ การออกกำลังกายช่วยเพิ่มการสร้างสารที่จำเป็นต่อการเจริญของเซลล์ประสาท (Neurotrophin) เช่น BDNF, Insulin-Like Growth Factor 1 (IGF-1) ซึ่งสารเหล่าเกี่ยวข้องกับการแตกแขนงของเดนไดรต์และการสร้างจุดประสานประสาท (Synaptic Plasticity) ที่เพิ่มขึ้นในวัยผู้ใหญ่ และการออกกำลังกายยังช่วยทำให้อารมณ์ดีขึ้น และป้องกันการเกิดภาวะซึมเศร้า ซึ่งอารมณ์เกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญาโดยเฉพาะความจำ (Ploughman, McCarthy, Bosse, Sullivan, & Corbett, 2008, pp. 2041-2046)

แม้จะมีการศึกษาวิจัยผลการออกกำลังกายที่มีต่อกระบวนการทางสมองกันมาก แต่ยังไม่มีการศึกษาผลที่เกิดกับเชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล โดยเฉพาะในกลุ่มวัยผู้ใหญ่ตอนต้น แต่มีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพทางกายกับเชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล ไซแมนนอค และคณะ (Singh- Manoux, Hillsdon, Brunner, & Marmot, 2005, pp. 2252-2256) ได้ศึกษาในลักษณะศึกษาไปข้างหน้าในกลุ่มตัวอย่างคนเดียวกันติดต่อกันเป็นเวลา 15 ปี ตั้งแต่ปี ค.ศ.1985 - 1999 โดยผู้วิจัยเริ่มศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 10,308 คน แบ่งการศึกษาออกเป็น 5 ช่วง วัดสมรรถภาพทางกายในช่วงที่ 3 และช่วงที่ 5 และวัดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางปัญญาได้แก่ ความจำ เชาวน์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลในช่วงแรกและช่วงที่ 5 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า คนที่มีสมรรถภาพทางกายต่ำมีความเสี่ยงสูงต่อการทำแบบทดสอบวัดเชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหลได้ลดลง จากผลที่ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการมีสมรรถภาพทางกายที่ดีกับเชาว์ปัญญาเชิงเลื่อนไหล

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University