

## ความสามารถด้านการบริหารจัดการ กับการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะ

### Executive Function and Transcranial Direct Current Stimulation

ตินพัฒน์ แก้วยอดทิวต์<sup>1</sup>, ภารดี เอื้อวิชาแพทย์<sup>2</sup>

<sup>1</sup>นักศึกษาหลักสูตรประสาทวิทยาศาสตร์ ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>2</sup>ภาควิชาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

#### บทนำ

ความสามารถทางด้านการบริหารจัดการ (executive function) มีบทบาทสำคัญต่อพฤติกรรมในชีวิตประจำวันและพฤติกรรมทางสังคม ตัวอย่างเช่น เมื่อไปหาซื้อของ จำเป็นต้องจดจำข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องซื้อ วิธีตัดสินใจอย่างเหมาะสมในการซื้อ และวิธีสนทนากับผู้ขาย เมื่อพิจารณาการสื่อสารกับเพื่อน เราจะจำเพื่อนได้ว่าเป็นคนไหน ด้วยการดูใบหน้าหรือได้ยินเสียงและแบ่งปันข้อมูลกับเพื่อน โรคที่มี executive function ที่บกพร่องต่าง ๆ จะมีผลต่อการเรียนรู้และการใช้ชีวิตประจำวันและการปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อม<sup>1</sup> ทำให้ไม่สามารถใช้ชีวิตโดยไม่มีผู้ดูแลได้ ปัจจุบันมีการกระตุ้นสมองด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกที่ส่งผลต่อการพัฒนาความสามารถทางด้านพุทธิปัญญา ซึ่งจะกล่าวถึงถัดไป

#### ความสามารถด้านการบริหารจัดการ (Executive function)

ความสามารถด้านการบริหารจัดการ<sup>2,3</sup> หมายถึงความสามารถของสมองด้านบริหารจัดการ ทักษะด้านการคิดเชิงบริหารซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในการทำกิจกรรมที่มีเป้าหมาย มีจุดมุ่งหมายประกอบด้วย การวางแผน (planning), ความจำใช้งาน (working memory), การใส่ใจจดจ่อ (concentration), การมีสมาธิ (attention), การแก้ปัญหา (problem solving), การเข้าใจเหตุผลโดยใช้คำพูด (verbal reasoning), การยั้งคิดไตร่ตรอง (cognitive inhibition), การยืดหยุ่นความคิด (cognitive flexibility), การทำงานหลายงานได้พร้อมกัน (task switching) ซึ่งสมองส่วนหน้า (prefrontal cortex) ทำหน้าที่สร้างทักษะการบริหาร

จัดการตนเองขั้นสูงในการจัดการเกี่ยวกับความคิด (cognition), อารมณ์ (emotion) และการกระทำ (performance) เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ตั้งไว้ นอกจากนี้การทำงานของสมองส่วนหน้ายังเกี่ยวข้องกับการประมวลผลข้อมูลแบบฉับพลันขณะอยู่ในเหตุการณ์เฉพาะหน้า เหตุการณ์คับขันที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แรงจูงใจ ประสบการณ์ อารมณ์ แรงกระตุ้นฉับพลัน และก่อให้เกิดพฤติกรรม

ความสามารถด้านการบริหารจัดการจึงเป็นการทำงานระดับสูงของสมองที่ช่วยให้มนุษย์สามารถควบคุมอารมณ์ ความคิด การตัดสินใจที่ส่งผลต่อการกระทำ และการแสดงออกของพฤติกรรมได้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ ซึ่งองค์ประกอบหลักของความสามารถด้านการบริหารจัดการ<sup>4,5</sup> ประกอบด้วยคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. Cognitive flexibility หมายถึงการยืดหยุ่นความคิด คือ ความสามารถในการเปลี่ยนมุมมองความคิด ไม่ยึดติดกับความคิดและการกระทำเดิม สามารถยืดหยุ่นพลิกแพลงแก้ปัญหาและปรับตัวได้ดี เปลี่ยนทิศทางให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

2. Attention control หมายถึงความสามารถในการใส่ใจจดจ่อมุ่งความสนใจอยู่กับสิ่งที่ทำอย่างต่อเนื่องในช่วงเวลาหนึ่งๆ โดยไม่วกแวกไปตามปัจจัยภายนอกหรือภายในตนเองที่เข้ามารบกวน

3. Goal setting หมายถึงการตั้งเป้าหมาย ความพยายามเพื่อมุ่งสู่เป้าหมาย ตั้งใจและมุ่งมั่นอดทนเพื่อให้บรรลุเป้าหมาย

4. Information processing หมายถึงการประมวลผลข้อมูลทางสมองที่มีประสิทธิภาพ และความ

รับต้นฉบับ 22 เมษายน 2565, ปรับปรุงต้นฉบับ 5 กันยายน 2565, ตอรับต้นฉบับตีพิมพ์ 10 กันยายน 2565

รวดเร็วกว่า การประมวลผลนอกจากนี้ความสามารถในการบริหารจัดการยังประกอบด้วยทักษะย่อย 9 ทักษะ<sup>6</sup> ดังนี้

1. Working memory (ความจำใช้งาน) เป็นความสามารถในการจดจำสิ่งต่าง ๆ เพื่อความเข้าใจ เปรียบเทียบและเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม แล้วประมวลผลและดึงข้อมูลนั้นมาใช้ในสถานการณ์ที่ต้องการ

2. Inhibitory control (การยับยั้งคิด ไตร่ตรอง) เป็นความสามารถในการยับยั้งคิดไตร่ตรอง สามารถควบคุมความต้องการ หยุดคิดก่อนที่จะลงมือทำได้

3. Cognitive flexibility (การยืดหยุ่นความคิด) หรือ shifting เป็นความสามารถในการยืดหยุ่นทางความคิด แก้ไขปัญหาด้วยวิธีที่แตกต่างกัน รู้จักปรับตัวต่อสถานการณ์ต่าง ๆ

4. Focus หรือ attention (จดจ่อ ความสนใจ) เป็นความสามารถในการใส่ใจจดจ่ออยู่กับสิ่งที่ทำอย่างต่อเนื่องไม่ออกแวงรู้จักการทำงานให้เสร็จเป็นอย่างดี

5. Emotional control (ควบคุมอารมณ์) เป็นความสามารถในการควบคุมอารมณ์ให้อยู่ในระดับ

ที่เหมาะสม จัดการกับอารมณ์ตนเองได้ รู้จักแสดงอารมณ์อย่างเหมาะสม

6. Self - monitoring (เฝ้ามองตนเอง) เป็นการประเมินตนเองเพื่อหาข้อบกพร่องแล้วนำมาแก้ไข

7. Initiating (การริเริ่ม เริ่มต้น) เป็นความสามารถในการเริ่มลงมือทำกิจกรรมใด คิดริเริ่มแล้วลงมือทำ

8. Planning and organization (การวางแผน และจัดระบบการดำเนินการ) เป็นการวางแผนจัดการตนเองอย่างเป็นขั้นตอน การวางแผนมองเห็นภาพรวม รู้จักจัดลำดับความสำคัญ และจัดระบบดำเนินการ

9. Goal - directed persistence (มุ่งเป้าหมาย) เป็นการวางแผนเป้าหมายที่ชัดเจน มีความมุ่งมั่นในการบรรลุเป้าหมาย

จากการศึกษาที่ผ่านมาพบความสัมพันธ์ของรอยโรคในสมองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการต่าง ๆ ทำให้สามารถสรุปหน้าที่ของสมองส่วนที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการดังสรุปในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงสมองที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการ<sup>7-10</sup>

ส่วนของสมอง	หน้าที่
Dorsolateral prefrontal cortex	การคิด การวางแผน การสร้างสมมติฐาน (planning hypothesis generation) และการควบคุมพฤติกรรม (behavioral control)
Ventrolateral prefrontal cortex	Episodic memory encoding และ retrieval
Prefrontal cortex	การวางแผน การจัดการ (planning, organizing) ความจำใช้งาน (working memory) การควบคุมพฤติกรรม (behavior control) การแก้ไขปัญหา (problem-solving) สมาธิ (attention) ทักษะทางสังคม (social skill) และความยืดหยุ่นทางความคิด (cognitive flexibility)
Medial frontal / anterior cingulate cortex	เฉยเมย ไม่สนใจ (indifference) และขาดการควบคุมสมาธิ (attention uncontrol)
Orbitofrontal cortex	การตระหนักรู้ (insight), การตัดสินใจ (judgment) และการควบคุมความหุนหันพลันแล่น (impulsive control)
Posterior parietal cortex	ความจำใช้งานจากการมองเห็น (visual working memory) spatial awareness, การรับรู้ (perception)
Wernicke's area	ความเข้าใจภาษา (understanding language)
Temporal lobe	ความจำ (memory) recognizing face การทำให้เกิดอารมณ์ (generating emotions) และภาษา (language)

กลุ่มโรคที่มีปัญหาด้านการบริหารจัดการในเด็กที่พบบ่อยได้แก่ โรคออทิซึมสเปกตรัม (autism spectrum disorders) ซึ่งหลักการรักษาในปัจจุบันมี 3 ด้านได้แก่

**1. Behavioral and educational interventions** เมื่อเร็ว ๆ นี้ มีการวิเคราะห์ห่อภิมาณ (meta-analysis) ของ behavioral and educational intervention และมีรายงานว่าสามารถพัฒนาทักษะด้านการบริหารจัดการวิธีการดังกล่าว ได้แก่ computer-based interventions, cognitive-behavioral therapy, and assisted-animal therapy<sup>11</sup>, chronic exercise interventions สามารถช่วยพัฒนาทักษะด้านการบริหารจัดการด้าน cognitive flexibility และ inhibitory control<sup>12</sup> และการเพิ่ม physical activity ก็มีรายงานว่าสามารถเพิ่มทักษะการบริหารจัดการได้เช่นเดียวกัน<sup>13</sup> แต่อย่างไรก็ดี กระบวนการฝึกเหล่านี้ใช้ระยะเวลาสั้น 60-90 นาที ในแต่ละครั้ง สัปดาห์ละ 1-5 ครั้ง นาน 12-24 สัปดาห์กว่าจะเห็นผล<sup>14-18</sup>

**2. Psychopharmacologic interventions** ปัจจุบันยังไม่มียาที่สามารถรักษาหรือแก้ไขความบกพร่องหลักที่มีในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัม แต่การใช้ยาจะมีประโยชน์ในการแก้ไขอาการทางอารมณ์และพฤติกรรม เช่น ชน อยู่ไม่นิ่ง สมาธิสั้น หงุดหงิดหรือก้าวร้าวที่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานชีวิตประจำวันหรือเกิดอันตรายต่อผู้อื่น ซึ่งปัจจุบันแพทย์นิยมใช้เพื่อระงับอาการที่เกิดขึ้น เช่น กลุ่มยาต้านโรคจิตในยาในกลุ่มใหม่ (atypical antipsychotic) โดยมียา 2 ตัว ได้แก่ risperidone และ aripiprazole ซึ่งได้รับการรับรองให้ใช้รักษาพฤติกรรม หงุดหงิด ก้าวร้าว ในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัมช่วงอายุ 5-6 ปีขึ้นไป และยังช่วยรักษาอาการอยู่ไม่นิ่งแบบรุนแรงได้บรรเทาอาการหงุดหงิด ฉุนเฉียว ก้าวร้าว หรือการทำร้ายตนเอง ผลข้างเคียงที่พบ ได้แก่ ง่วงนอน ท้องผูก อ่อนเพลีย เกิดการติดเชื้องูทางเดินหายใจส่วนบน เจริญอาหารและน้ำหนักเพิ่ม น้ำลายไหล ปากแห้ง มือสั่น ซึม ซึ่งอาการซึมนี้อาจมีผลต่อการเรียนรู้ของกิจกรรมในข้อ 1 คือ behavioral and educational interventions ในผู้ป่วยบางรายอาจจะใช้ยากลับ selective serotonin

reuptake inhibitor (SSRI) เช่น fluoxetine, sertraline และ fluvoxamine ในการรักษาอาการหงุดหงิดและปรับอารมณ์รวมถึงลดพฤติกรรมซ้ำ ๆ ที่คล้ายกับอาการของโรคย้ำคิดย้ำทำ เมื่อได้ใช้ยาแล้วมักจะช่วยให้ผ่อนคลาย นอนเร็วขึ้น หลับตลอดทั้งคืนสมาธิและอารมณ์ดีขึ้น<sup>19</sup>

**3. Alternative therapies** ปัจจุบันมีการรักษาทางเลือกในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัมมากมาย ได้แก่ การให้อาหารเสริมซึ่งดูแลโดยผู้เชี่ยวชาญ การใช้สัตว์เลี้ยงในการช่วยบำบัด (animal-assisted therapy) การใช้ศิลปะบำบัด การกระตุ้นพัฒนาการ การใช้แพทย์ทางเลือกในการบำบัดรักษาเช่นการทำ hyperbaric oxygen และ chelation การบำบัดโดยการปรับสมดุลทางด้านร่างกายและจิตใจเช่น โยคะ และ biofeedback รวมถึงการรักษาแบบไม่ต้องใช้ยาเช่น กายภาพบำบัดเพื่อช่วยผ่อนคลายลดการตึงของระบบประสาท การฝังเข็ม การนวดจัดกระดูกและการนวดบำบัดรวมถึงประสาทสัมผัสบำบัดเช่น การลดหรือการเพิ่มประสาทสัมผัสเมื่ออยู่ในสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ และ homeopathy<sup>20</sup> แต่อย่างไรก็ดียังไม่มีการสรุปของผลการรักษาที่ชัดเจน

การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลก เป็นหนึ่งในการรักษาทางเลือกในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัม (ASD) ทำโดยใช้ไฟฟ้ากระแสตรงขนาดต่ำ 1-2 มิลลิแอมป์จ่ายผ่านขั้วไฟฟ้าซึ่งมี 2 ขั้ว ซึ่งขั้วหนึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้าเป้าหมาย (target electrode) และอีกขั้วเป็นขั้วอ้างอิง (reference electrode) โดยขั้วไฟฟ้าเป้าหมายจะทำหน้าที่เปลี่ยนศักย์เยื่อเซลล์ขณะพัก (resting membrane potential) ของเซลล์ประสาทโดยขั้วบวก (anode) จะเหนี่ยวนำประจุลบออกจากตัวเซลล์ประสาททำให้ภายในเซลล์มีความเป็นบวกสูงขึ้นสามารถรื้อให้ถึงระดับเริ่มตอบสนอง (threshold) ได้ง่ายดังนั้นขั้วบวกจึงทำหน้าที่กระตุ้นประสาท (neuronal excitation) ส่วนขั้วลบ (cathode) จะทำหน้าที่ยับยั้งประสาท (neuronal inhibition) ขั้วไฟฟ้าเป้าหมายจะใช้เป็นขั้วบวกหรือขั้วลบก็ได้ตามความต้องการที่จะปรับเปลี่ยนทางระบบประสาท<sup>21</sup> ส่วนระดับความเข้มของกระแสไฟฟ้าโดยทั่วไปอยู่ที่ 1-2 มิลลิแอมป์และความเข้มข้นสูงสุดของการกระตุ้น คือ

4 มิลลิแอมแปร์ ระยะเวลาของการกระตุ้นส่วนใหญ่อยู่ที่ 5-30 นาที โดยระยะเวลาของการกระตุ้นจะมีผลต่อภาวะที่เปลือกสมองไวต่อการเร้า (cortical excitability) หรือความยาวนานของผลที่เกิดจากการกระตุ้น มีการศึกษาในสัตว์ทดลองพบว่าการกระตุ้นด้วยขั้วบวกจะช่วยเพิ่มกิจกรรมของเซลล์ประสาทที่เกิดขึ้นเอง (spontaneous neuronal activity) เพิ่มอัตราการเกิดสัญญาณประสาท (neuronal firing rate) และเพิ่มการเร้าของเซลล์ประสาท (neuronal excitability) โดยลดความต่างศักย์เยื่อเซลล์ในขณะที่การกระตุ้นด้วยขั้วลบของไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกนำไปสู่ไฮเปอร์โพลาไรเซชัน (hyperpolarization) ของเซลล์ประสาท ทำให้เกิดการลดลงของอัตราการเกิดสัญญาณประสาท และลดความไวของการเร้าของเซลล์ประสาทได้<sup>22</sup>

จากการศึกษาเรื่องการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกของ Qing xu<sup>23</sup> และคณะพบว่าสามารถทำให้เกิดการเชื่อมประสานกันใหม่ของเซลล์ประสาทและใยประสาทภายในสมองมีการประสานกันอย่างเป็นระบบเมื่อได้รับการกระตุ้นทำให้เกิดการงอกใหม่ของเดนไดรต์และการงอกใหม่ของเซลล์ รวมถึงมีการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเซลล์ประสาทและกระตุ้นการเชื่อมต่อประสานงานของสมองในส่วนของ superior frontal และ temporal cortex รวมถึง medial frontal cortex, amygdala, hippocampus, Broca's area และ anterior cingulate cortex

ในการศึกษาของ Van Steenburgh<sup>24</sup> และคณะ พบว่าการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัมวัยรุ่นถึงวัยผู้ใหญ่จะสามารถควบคุมพฤติกรรมและมีความสามารถในการเข้าสังคมได้ดีขึ้นจากการประเมินด้วย ATEC score (speech and communication, sensory and cognitive awareness, sociability, health physical and behavior) และการกระตุ้น DLPFC ด้านซ้าย หรือด้านขวาพบว่าส่วนของ cortical area network ที่เกี่ยวข้องกันเมื่อได้รับการกระตุ้นจะเกิดการประสานเชื่อมโยงเข้าด้วยกันใหม่และในส่วน of motor action และ motor imaging ในกระบวนการคิดขั้นสูงซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับ

ความจำใช้งานและเป็นปัญหาหลักสำคัญอย่างหนึ่งในผู้ป่วยโรคออทิซึมสเปกตรัมที่มีความผิดปกติเรื่องทางพฤติกรรมด้านความสามารถในการบริหารจัดการจะเกี่ยวกับความจำและการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถที่เกี่ยวกับการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าและการทำงานในสภาพ synaptic plasticity ที่เป็นเครือข่ายซึ่งเชื่อมโยงกัน ระหว่าง cortical activity และ prefrontal cortex ในการรับส่งสัญญาณประสาทจะทำให้สามารถควบคุมสมาธิได้ดีและยังสร้างการเชื่อมโยงกระแสประสาทดีในเครือข่ายสมองส่วน anterior-posterior dorsolateral parietal

ภายหลังจากมีการศึกษาทางคลินิกที่มีการใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะในการรักษาโรคซึมเศร้า โรคคลมชักและรักษาอาการปวดการกระตุ้นไขสันหลังและซีรีเบลลัม การรักษาโรคระบบประสาทและจิตเวชอย่างกว้างขวางทำให้ได้รับความนิยมในการใช้การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกศีรษะซึ่งเป็นเทคนิคการกระตุ้นและการรักษาโรคที่มีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยสูง ผลข้างเคียงน้อย ราคาประหยัดและส่งผลต่อการรักษายาวนาน

### การกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกกับความสามารถด้านการบริหารจัดการ

ปัจจุบันมีการศึกษาการใช้เทคนิคการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกเป็นจำนวนมากในหลายกลุ่มตัวอย่างโรค ลักษณะอาการและความผิดปกติทั้งด้านอารมณ์ สมอง พฤติกรรมและปัญหาความคิด ความจำ ปัญหาทางระบบประสาทและจิตเวชศาสตร์ต่างๆ มากมาย

Tilo Strobach<sup>25</sup> และคณะได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุมถึงความสามารถของ dual-task performance ซึ่งเป็นความสามารถองค์ประกอบหนึ่งของ executive control ในผู้ใหญ่ โดยทำการศึกษาในผู้ใหญ่ที่มีสุขภาพดี อายุระหว่าง 20-30 ปี จำนวน 16 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 1 ได้รับ 1 mA anodal tDCS 20 นาที และกลุ่มหลอกโดยวางขั้วบวกที่ inferior frontal junction (IFJ) ด้านซ้ายและขั้วลบที่ supraorbital region

ด้านขวา ให้อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มทำ component task (visual, auditory stimuli) ใน block session1 ที่เริ่มด้วย random order dual tasks ใช้การกระตุ้นเริ่มต้นไม่ตรงกัน (stimulus onset asynchrony: SOA) ที่ 200 ms., fixed- order dual tasks ที่ SOA 75 หรือ 200 ms. และ single tasks ส่วน block session 2 เริ่มด้วย single tasks, fixed- dual tasks และ random- order dual tasks สลับกันไปมาระหว่าง visual และ auditory single tasks blocks เปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ mixed- measures ANOVAs พบว่าในกลุ่ม anodal tDCS 20 นาทีที่มีความแตกต่างของ reaction time และ error rate ใน random- order dual tasks อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.01$  และมีความแตกต่างกันใน tasks order อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  และใน fixed order dual tasks ไม่พบความแตกต่างทางสถิติทั้งสองกลุ่ม แสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นด้วยขั้วบวกของ tDCS ที่วางเหนือ interior frontal junction (IFJ) ช่วย improve performance in dual-tasks ใน random order tasks ส่วนในกลุ่มทดลองที่ 2 ที่ 1 mA tDCS 20 นาที โดยวางขั้วลบที่ interior frontal junction (IFJ) ด้านซ้ายและขั้วบวกที่ supraorbital region ขวาและให้ component tasks เหมือนกลุ่มทดลองที่ 1 พบว่า random- order dual tasks มีความแตกต่างกันใน reaction time และ tasks order เมื่อเปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ mixed-measures ANOVAs อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.05$  ส่วน fixed order dual tasks และ single tasks ไม่มีความแตกต่างกันทั้งสองกลุ่ม

Hanley<sup>26</sup> และคณะ ได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม ถึงความสามารถของการเปลี่ยน task ในผู้สูงอายุ โดยทำการศึกษาในผู้สูงอายุ 60–75 ปี จำนวน 40 ราย แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้ 1.5 mA anodal tDCS 10 นาที กลุ่มที่ได้ 1.5 mA anodal tDCS 20 นาที และกลุ่มหลอก โดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex ด้านซ้ายและขั้วลบที่ dorsolateral prefrontal cortex ขวา ให้อาสาสมัครทั้งสามกลุ่มทำ Task-Switching Paradigm (Swansea Test of

Attentional Control) เปรียบเทียบผลของทั้งสามกลุ่มด้วยสถิติ repeated-measures ANOVAs พบว่า ในกลุ่ม anodal tDCS 10 นาทีเปรียบเทียบกับ baseline มีความแตกต่างของ task-switching speed อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$  และไม่พบความแตกต่างทางสถิติในกลุ่มที่เหลืออีก 2 กลุ่ม

Arciniega<sup>27</sup> และคณะ ได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (ปกปิดฝ่ายเดียว) ถึงความสามารถด้าน visual working memory (VWM) ในผู้สูงอายุสุขภาพดีอายุเฉลี่ย 67 ปี จำนวน 36 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 วางขั้วไฟฟ้าแบบ unilateral โดยใช้ 2 mA anodal tDCS 20 นาทีวางขั้วบวกที่ prefrontal cortex (PFC) ด้านขวาและขั้วลบที่ posterior parietal cortex (PPC) ขวาเทียบกับกลุ่มหลอก

กลุ่มที่ 2 วางขั้วไฟฟ้าแบบ bilateral โดยใช้ 2 mA anodal tDCS 20 นาทีวางขั้วบวกที่ prefrontal cortex (PFC) ด้านขวาและขั้วลบที่ prefrontal cortex (PFC) ซ้ายเทียบกับกลุ่มหลอก

อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มทำ spatial span task: Corsi Blocks เพื่อวัด visuospatial VWM, baseline และทำการทดสอบ long term memory (LTM) task และ visual working memory (VWM) task เปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ mixed- measures ANOVAs ผลการทดลองพบว่า anodal tDCS 20 นาทีในกลุ่มที่วางขั้วไฟฟ้าแบบ unilateral และ bilateral ใน long term memory task ไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนในกลุ่มที่วางขั้วไฟฟ้าแบบ unilateral และ bilateral ใน visual working memory task เมื่อเปรียบเทียบกับ baseline มีความแตกต่างกันของ VWM อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.003$  (unilateral stimulation improve VWM), และในกลุ่มที่ได้ 1.5 mA anodal tDCS 10 นาทีโดยวางขั้วบวก ที่ posterior parietal cortex (PPC) ด้านขวาและขั้วลบที่ contralateral cheek (CC) ขวาและกลุ่มหลอก โดยให้อาสาสมัครทั้ง 2 กลุ่มทำ the automated operation span (OSpan), baseline เพื่อวัด ความสามารถของ visual working memory (VWM) capacity เปรียบเทียบผลของทั้ง

สองกลุ่มด้วยสถิติ two-way ANOVA พบว่า ในกลุ่ม anodal tDCS 10 นาทีเปรียบเทียบกับ baseline ไม่มีความแตกต่างของ VWM capacity

Huo<sup>28</sup> และคณะได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (ปกปิดฝ่ายเดียว) เพื่อดูความสามารถด้าน executive function ของผู้สูงอายุสุขภาพดีอายุ 60-82 ปีจำนวน 64 ราย แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ได้ 2.0 mA anodal tDCS 30 นาที และกลุ่มหลอก โดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex ด้านซ้ายและขั้วลบที่ deltoid muscle ขวา ให้อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มทำ two-back task (working memory), Flanker task (inhibitory control), switching task (shifting ability) เปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ repeated-measures ANOVAs พบว่า ในกลุ่ม anodal tDCS 30 นาทีเปรียบเทียบกับ baseline ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของ working memory, inhibitory control, และ Shifting ability

Nejati<sup>29</sup> และคณะได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม (ปกปิดสองฝ่าย) เพื่อดูความสามารถ executive function และ cognitive flexibility ในผู้ป่วยเด็กโรคสมาธิสั้น (ADHD) อายุเฉลี่ย 10 ปี และ 9 ปี จำนวน 25 รายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลอง โดยกลุ่มที่ 1 (N=15) ได้ 1 mA anodal tDCS 15 นาทีและกลุ่มหลอกโดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้ายและขั้วลบที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ขวา กลุ่มที่ 2 กลุ่มย่อย 2A (N= 10) ได้ 1 mA anodal tDCS 15 นาทีและกลุ่มหลอกโดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้าย และขั้วลบที่ orbitofrontal cortex (OFC) ขวา และกลุ่มย่อย 2B (N= 10) ได้ 1 mA anodal tDCS 15 นาทีและกลุ่มหลอกโดยวางขั้วลบที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้าย และขั้วบวกที่ orbitofrontal cortex (OFC) ขวา ให้อาสาสมัครทำ cognitive assessment จาก task switching ของ Go/ No-Go task (inhibitory control, working memory (WM), cognitive flexibility), stroop task (interference control), N-back (working memory

performance), และ WCST (cognitive flexibility, planning, task switching ability, impulsivity) เปรียบเทียบผลการทดลองของกลุ่มที่ 1 ด้วยสถิติ repeated-measures ANOVAs พบว่า ในกลุ่ม anodal tDCS 15 นาทีไม่พบความแตกต่างของ inhibitory control และ cognitive flexibility ของทั้งสองกลุ่ม ส่วน interference control และ working memory พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.01$  และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองของกลุ่มที่ 2 ด้วยสถิติ repeated-measures ANOVAs พบว่า anodal tDCS 15 นาที dorsolateral prefrontal cortex มีความแตกต่างของ inhibitory control และ working memory อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.01$  และเปรียบเทียบ anodal tDCS 15 นาที orbitofrontal cortex มีความแตกต่างของ cognitive flexibility, attentional shifting อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.03$

Molavi<sup>30</sup> และคณะได้ทำการทดลองแบบสุ่มและมีกลุ่มควบคุม เพื่อดู executive function และ control emotional processing ในผู้ป่วยบุคลิกภาพแปรปรวนแบบก้ำกึ่ง (borderline personality disorder: BPD) อายุ 18-50 ปี จำนวน 32 ราย แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ 2.0 mA anodal tDCS bilateral 20 นาที และกลุ่มหลอก โดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้ายและขั้วลบที่ dorsolateral prefrontal cortex ขวา ให้อาสาสมัครทั้งสองกลุ่มทำ executive skill questionnaire for adult (ESQ), emotional regulation questionnaire (ERQ) และ emotional processing scale (EPS) เปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ MANCOVA, ANCOVA และ one way ANOVAs พบว่า ในกลุ่ม anodal tDCS 30 นาทีเปรียบเทียบกับ baseline มีความแตกต่างของ executive function (response inhibition, working memory, emotional control และ cognitive flexibility), emotional regulation (emotional suppression และ emotional expression), และ emotional processing (emotional intrusion, uncontrolled emotion และ discordant emotion) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.001$

Lu<sup>31</sup> และคณะได้ทำการศึกษาแบบ balance group randomization เพื่อดูความสามารถในการจัดการและควบคุมสมาธิในกลุ่มนักศึกษามหาวิทยาลัยอายุเฉลี่ย 21 ปีจำนวน 39 รายแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มได้แก่ 1.5 mA anodal HD- tDCS 20 นาทีและกลุ่มหลอก โดยวางขั้วบวกที่ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ด้านซ้ายและขั้วลบที่ anterior frontal, frontal, และ frontocentral ขวาและให้อาสาสมัคร

ทั้งสองกลุ่ม ทำ cognitive task ( attention network test, color stroop test) เปรียบเทียบผลของทั้งสองกลุ่มด้วยสถิติ repeated-measures ANOVAs พบว่า ในกลุ่ม anodal HD-tDCS 20 นาทีเปรียบเทียบกับ base-line มีความแตกต่างของ executive control อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.045$  และมีความแตกต่างกันของ reaction time response ใน neutral, congruent และ incongruent อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  $p < 0.01$

**ตารางที่ 2** สรุปผลการศึกษาของการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกกับการเพิ่มความสามารถด้านการบริหารจัดการ

ผู้วิจัย, ปีที่วิจัย	การทดลอง/อาสาสมัคร	จำนวน	อายุ (ปี)	ขั้วบวก/ขั้วลบ	จำนวนรอบ sessions	ความเข้ม กระแส/นาที	Outcome	Result
Strobach T., et al (25) 2015	RCT/ Healthy	16	20-30	IFJ ด้านซ้าย/ SOR ด้านขวา	Single dose	1 mA/ 20 นาที	dual- tasks perform- mance	Anodal tDCS improve performance in dual- tasks ใน random order tasks
Hanley J., et al (26) 2020	RCT / Early healthy	40	60-70	DLPFC ซ้าย/ DLPFC ขวา	7	1.5 mA/ 10 นาที 1.5 mA/ 20 นาที	Task switch- ing	Anoda tDCS improve task per- formance ใน task switching speed
Arciniega H., et al(27) 2018	RCT/ Older healthy	20	mean -67	Unilateral: PPC ซ้าย/PFC ขวา, PPC ขวา/ CC ขวา Bilateral: PPC ซ้าย/PFC ขวา	3	2 mA/ 20 นาที	Visual work- ing memory (VWM)	Unilateral anodal tDCS improve visu- al working memory
Huo Lijuan et al (28) 2018	RCT/ Older healthy	64	60-82	DLPFC ซ้าย/ Deltoid muscle ขวา	10	2 mA / 30 นาที	Executive function	Anodal tDCS DLP- FC ด้านซ้ายไม่พบ ความแตกต่างของ ex- ecutive function ใน working memory, inhibition control และ shifting ability
Nejati Vahid et al(29) 2017	RCT/ ADHD	25	9-10	DLPFC ซ้าย/ DLPFC ขวา, OFC ขวา/ DLPFC ซ้าย	Single dose	1 mA/ 15 นาที	Executive function, cognitive flexibility	Anodal tDCS DLPFC ด้านซ้าย improves inter- ference control, working memory และ inhibition con- trol Anodal OFC ด้านขวา improves cognitive flexibil- ity และ attention shifting

ตารางที่ 2 สรุปผลการศึกษาของการกระตุ้นไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกกับการเพิ่มความสามารถด้านการบริหารจัดการ (ต่อ)

ผู้วิจัย, ปีที่วิจัย	การทดลอง/ อาสาสมัคร	จำนวน	อายุ (ปี)	ขั้วบวก/ ขั้วลบ	จำนวนรอบ sessions	ความเข้ม กระแส/นาที	Outcome	Result
Molavi P., et al (30) 2020	RCT / BPD	32	18-50	DLPFC ข้าย/ DLPFC ขวา,	10 consec- utive days	2 mA / 20 นาที	Executive function, emotional regulation, emotional control	Anodal tDCS DLPFC ด้าน ข้าย improves 1.executive: inhibition control, working memory และ cognitive flexibility 2.emotional regulation: emotional suppression และ emotional expres- sion 3.emotional control: emotional intrusion และ discordant emotion
Lu Hongli- ang., et al(31) 2020	RCT/ Healthy undergrad- uates	39	Mean =21	DLPFC ข้าย/ AF3, F1, F5, FC3 ข้าย	12 sessions 3 session/ week 4 weeks	1.5 mA/ 20 นาที	Attention และ execu- tive control	HD- anodal tDCS im- prove executive control และ improve reaction time response ใน neutral, congruent และ incongruent

IFJ= Inferior frontal junction; RCT = Randomized control trials; SOR = Supra orbital region; DLPFC = Dorsolateral prefrontal cortex; PPC = Posterior parietal cortex; PFC = Prefrontal cortex; CC = Contralateral cheek; ADHD = attention deficit hyperactivity disorder; BPD = borderline personality disorder; AF3 = Anterior-frontal cortex; F1, F5 = Frontal cortex; FC3 = Frontocentral; HD-tDCS = High-definition transcranial direct current stimulation

### สรุป

การกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงผ่านกะโหลกบริเวณ dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC), inferior frontal junction (IFJ), prefrontal cortex (PFC), orbitofrontal cortex (OFC) สามารถเพิ่มความสามารถด้านการบริหารจัดการในกลุ่มผู้ป่วยหลากหลายประเภททั้งด้านความคิด ความจำ สมาธิ ความสนใจจดจ่อ การควบคุมการแสดงออกทางอารมณ์ การแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าและในหลายมิติที่เกิดจากความผิดปกติของ ความสามารถด้านการบริหารจัดการโดยอาจทำให้เกิดการอกใหม่และจัดโครงสร้างใหม่ของตัวเซลล์ประสาท หรือส่งผลต่อการยับยั้งการเร้าการทำงานที่มากเกินไปของเซลล์ประสาทได้ แต่ข้อมูลในปัจจุบันยังไม่มากพอที่จะสรุปได้ ดังนั้นการใช้ไฟฟ้าในการกระตุ้นสมองเพื่อเพิ่มความสามารถด้านการบริหารจัดการจึงเป็นองค์ความรู้ที่ต้องการการศึกษา ค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไป

### เอกสารอ้างอิง

1. Cámara S, Contador I, Herrero P, et al. The role of education in executive functions, behavioral problems and functional performance in people with schizophrenia. *Neuropsychology* 2021 ;35:366–73.
2. Perone S, Simmering VR, Buss AT. A dynamical reconceptualization of executive-function development. *Perspect Psychol Sci J Assoc Psychol Sci* 2021 ;16:1198–208.
3. Azouvi P, Arnould A, Dromer E, et al. Neuropsychology of traumatic brain injury: An expert overview. *Rev Neurol (Paris)* 2017 ;173:461–72.
4. Anderson P. Assessment and development of executive function (EF) during childhood. *Child Neuropsychol J Norm Abnorm Dev Child Adolesc*



- 2002 ;8:71–82.
5. Sai L, Shang S, Tay C, et al. Theory of mind, executive function, and lying in children: a meta-analysis. *Dev Sci* 2021 ;24:e13096.
  6. Gómez-Pérez MM, Mata S, Serrano F, et al. Wisconsin card sorting test-learning potential: usefulness for assessing children with autism spectrum disorder. *J Autism Dev Disord* 2020 ;50:4230–42.
  7. Sörös P, Harnadek M, Blake T, et al. Executive dysfunction in patients with transient ischemic attack and minor stroke. *J Neurol Sci* 2015 ;354:17–20.
  8. Rao V, Lyketsos C. Neuropsychiatric sequelae of traumatic brain injury. *Psychosomatics* 2000 ;41:95–103.
  9. Ord JS, Greve KW, Bianchini KJ, et al. Executive dysfunction in traumatic brain injury: the effects of injury severity and effort on the Wisconsin Card Sorting Test. *J Clin Exp Neuropsychol* 2010 ;32:132–40.
  10. Abbate C, Trimarchi PD, Inglese S, et al. Signs and symptoms method in neuropsychology: A preliminary investigation of a standardized clinical interview for assessment of cognitive decline in dementia. *Appl Neuropsychol Adult* 2021 ;28:282–96.
  11. Cavalli G, Galeoto G, Sogos C, et al. The efficacy of executive function interventions in children with autism spectrum disorder: a systematic review and meta-analysis. *Expert Rev Neurother* 2022 ;22:77–84.
  12. Liang X, Li R, Wong SHS, et al. The effects of exercise interventions on executive functions in children and adolescents with autism spectrum disorder: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med Auckl NZ* 2022 ;52:75–88.
  13. Sung MC, Ku B, Leung W, et al. The effect of physical activity interventions on executive function among people with neurodevelopmental disorders: A meta-analysis. *J Autism Dev Disord* 2022 ;52:1030–50.
  14. Peterson KM, Piazza CC, Ibañez VF, et al. Randomized controlled trial of an applied behavior analytic intervention for food selectivity in children with autism spectrum disorder. *J Appl Behav Anal* 2019 ;52:895–917.
  15. Weiss JA, Thomson K, Burnham Riosa P, et al. A randomized waitlist-controlled trial of cognitive behavior therapy to improve emotion regulation in children with autism. *J Child Psychol Psychiatry* 2018 ;59:1180–91.
  16. Novakovic N, Milovancevic MP, Dejanovic SD, et al. Effects of snoezelen-multisensory environment on CARS scale in adolescents and adults with autism spectrum disorder. *Res Dev Disabil* 2019 ; 89:51–8.
  17. Bauminger-Zviely N, Estrugo Y, Samuel-Magal K, et al. Communicating without words: school-based RCT social intervention in minimally verbal peer dyads with ASD. *J Clin Child Adolesc Psychol Off J Soc Clin Child Adolesc Psychol Am Psychol Assoc Div* 2020 ;49:837–53.
  18. Burrell TL, Postorino V, Scahill L, et al. Feasibility of group parent training for children with autism spectrum disorder and disruptive behavior: A demonstration pilot. *J Autism Dev Disord* 2020 ;50:3883–94.
  19. Cortese S. Meta-analyses in child and adolescent psychiatry: getting closer to clinical practice. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 2018 ;57:229–30.
  20. Brondino N, Fusar-Poli L, Rocchetti M, et al. Complementary and alternative therapies for au-

- tism spectrum disorder. *Evid-Based Complement Altern Med ECAM* 2015;2015:258589.
21. Chase HW, Boudewyn MA, Carter CS, et al. Transcranial direct current stimulation: a road-map for research, from mechanism of action to clinical implementation. *Mol Psychiatry* 2020 ;25:397–407.
  22. Zandvakili A, Berlow YA, Carpenter LL, et al. Transcranial direct current stimulation in psychiatry: what psychiatrists need to know. *Focus. (Am Psychiatr Publ)* 2019 ;17:44–9.
  23. Xu Q, Liu Y yuan, Wang X, et al. Autism-associated CHD8 deficiency impairs axon development and migration of cortical neurons. *Mol Autism* 2018 ;9:65.
  24. van Steenburgh JJ, Varvaris M, Schretlen DJ, et al. Balanced bifrontal transcranial direct current stimulation enhances working memory in adults with high-functioning autism: a sham-controlled crossover study. *Mol Autism* 2017;8:40.
  25. Strobach T, Soutschek A, Antonenko D, et al. Modulation of executive control in dual tasks with transcranial direct current stimulation (tDCS). *Neuropsychologia* 2015 ;68:8–20.
  26. Hanley CJ, Alderman SL, Clemence E. Optimising cognitive enhancement: systematic assessment of the effects of tDCS duration in older adults. *Brain Sci* 2020 16;10:304.
  27. Arciniega H, Gözenman F, Jones KT, et al. Frontoparietal tDCS benefits visual working memory in older adults with low working memory capacity. *Front Aging Neurosci* 2018;10:57.
  28. Huo L, Zheng Z, Li J, et al. Long-term transcranial direct current stimulation does not improve executive function in healthy older adults. *Front Aging Neurosci* 2018;10:298.
  29. Nejati V, Salehinejad MA, Nitsche MA, et al. Transcranial direct current stimulation improves executive dysfunctions in ADHD: implications for inhibitory control, interference control, working memory, and cognitive flexibility. *J Atten Disord* 2020 ;24:1928–43.
  30. Molavi P, Azizaram S, Basharpour S, et al. Repeated transcranial direct current stimulation of dorsolateral-prefrontal cortex improves executive functions, cognitive reappraisal emotion regulation, and control over emotional processing in borderline personality disorder: A randomized, sham-controlled, parallel-group study. *J Affect Disord* 2020 ;274:93–102.
  31. Lu H, Liu Q, Guo Z, et al. Modulation of repeated anodal HD-tDCS on attention in healthy young adults. *Front Psychol* 2020;11:564447.