



ประสาทวิทยาศาสตร์ในการฝึกสติ

อรรรรณ ศิลปกิจ, พ.บ.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ เพื่อทบทวนการศึกษาประสาทวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการภาวนาหรือ ฝึกสติ
วัสดุวิธีการ กำหนดคำสำคัญคือ mindfulness สติ สมาธิ เพื่อสืบค้นข้อมูล online ระหว่าง ปีพ.ศ. ๒๕๓๓ ถึง เดือนพฤศจิกายน ๒๕๕๕ ทบทวนเฉพาะบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารและบทความที่มีกลุ่มเปรียบเทียบ

ผล ภาพคลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalogram: EEG) มีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันระหว่างเทคนิคการภาวนาแบบกำหนดและวิปัสสนา โดยมีปัจจัยเรื่องความชำนาญ สภาวะขณะบันทึกต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น EEG ในการภาวนาแบบวิปัสสนาจะมีคลื่นที่ต่ำสูงตำแหน่งสมองส่วนหน้าทั้งสองข้างมากกว่าขณะพัก มีคลื่นแกมมาสูงขึ้นในตำแหน่งสมองส่วน parieto-occipital การตรวจด้วย functional magnetic resonance imaging (fMRI) พบว่ามีการกระตุ้น (activate)/ไม่กระตุ้น (deactivate) ของสมองตำแหน่งต่างกันระหว่างการภาวนาแบบกำหนด และวิปัสสนา สมองของผู้ฝึกปฏิบัติอย่างเชี่ยวชาญกับผู้ปฏิบัติใหม่มีการกระตุ้นที่แตกต่างกันทั้งระหว่างการภาวนาแบบกำหนด วิปัสสนา และขณะพัก มีข้อมูลสนับสนุนว่าในผู้ฝึกภาวนาสมาธิมีความหนาของเปลือกสมองโดยเฉพาะกลีบสมองส่วนหน้าข้างซ้าย อย่างไรก็ดีตามควรมีการศึกษาที่มีข้อกำหนดขั้นตอนตรงกันต่อไป

สรุป EEG ในขณะวิปัสสนาจะพบคลื่นที่ต่ำในตำแหน่งสมองส่วนหน้าสูงกว่าขณะพัก มีคลื่นแกมมาสูงขึ้นในสมองส่วน parieto-occipital fMRI พบสมองกลีบหน้าหนาตัวขึ้นในผู้ฝึกภาวนาสมาธิ

คำสำคัญ : คลื่นไฟฟ้าสมอง ภาพเอ็มอาร์ สติ

โรงพยาบาลศรีธัญญา



Neuroscience study in mindfulness meditation

Orawan Silpakit, M.D.

Abstract

Objective To review neuroscience study in mindfulness meditation.

Material and Methods Articles retrieved by using mindfulness as a key word from online data sources between 1990 to November 2011. Review and case control study articles in English and Thai were reviewed.

Results Electroencephalographic (EEG) study showed different pattern between 2 techniques of meditation i.e. open meditation (OM) and focus meditation (FM). Other factors such as duration of practice, state of meditation were influenced EEG pattern. EEG in OM increased theta activities at bilateral frontal areas than at rest. Gamma power increased at parieto-occipital areas. Functional magnetic resonance imaging study (fMRI) showed different sites of activation/deactivation between OM and FM. Novice and expert showed different site of activation during meditation and relaxation. Data also showed increase gray matter especially at left prefrontal area in continuous meditation cases. However, further research which a consensus methodology is needed.

Conclusion EEG in OM increased theta activities at bilateral frontal areas than at rest. Gamma power increased at parieto-occipital areas. fMRI showed increase gray matter from continuous practice.

Key words : EEG, MRI, mindfulness, meditation

Srithanya Hospital

บทนำ

สติ (mindfulness, sati) หมายถึง การระลึกได้ หรือ ความไม่เผลอ หรือความไม่ประมาท¹ โดยหลักพระพุทธศาสนาจำแนกออกเป็น สามัญสติ หมายถึง การรู้สึกตัวในสามัญสำนึกทั่วๆ ไป ที่ทุกคนมีอยู่ในชีวิตประจำวัน กับ สัมมาสติ หมายถึง ระลึกรู้ได้ในกายหรือใจเป็นขณะๆ สัมมาสติเป็นสภาวะที่มีในธรรมชาติที่พระพุทธเจ้าเป็นผู้ค้นพบ ผู้เรียนสามารถพัฒนาให้เกิดสัมมาสติได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนความเชื่อของตน² ทางตะวันตกมีการประยุกต์การฝึกสติแนวพุทธร่วมกับการรักษา พฤติกรรมบำบัด หรือ การบำบัดตามแนวจิต เช่น การฝึกสติแบบ mindfulness based stress reduction (MBSR) สำหรับโรคเครียด^{3,4} mindfulness based cognitive therapy (MBCT) สำหรับ โรคซึมเศร้า⁵ ดิตสารเสฟติด^{6,7} การกินผิดปกติ⁸ โดยที่ความหมายสติได้ขยายความจากการรู้สึกตัว : awareness, ความใส่ใจ : attention, จำได้ : remembering ครอบคลุมการยอมรับ : acceptance ไม่ตัดสิน : nonjudgment และเมตตา : compassion² และในความหมายของจิตวิทยาสมัยใหม่ การฝึกสติแนวพุทธหมายถึงการตระหนักรู้ยอมรับปัจจุบันขณะ (awareness, of present experience, with acceptance)⁹ ซึ่ง Siegel จำแนกระดับของสติเป็น 3 ระดับ คือ (1) receptive หรือ mindfulness awareness เป็นการสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้นเป็นขณะๆ เป็นการฝึกฝนเพื่อให้แต่ละคนสามารถพัฒนาจากการปรับตัวและตอบสนองแบบเป็นนิสัย (2) self observational awareness เป็นการสังเกตตนเองด้วยความตระหนักรู้ ภาวะนี้จะมีลักษณะกระตือรือร้น เปิดกว้าง ยอมรับ และ (3) reflexive awareness เป็นศักยภาพของ “ใจ” ที่จะรู้ “ใจ” โดยไม่ต้องใช้ความ

พยายาม หรือคำอธิบาย นำไปสู่ภาวะ awareness of awareness หรือ intuitive awareness¹⁰ มีความหมายใกล้เคียงกับคำว่า สติสัมปชัญญะ¹¹ สำหรับอธิบายด้วยกระบวนการทางจิตวิทยาที่การฝึกสติทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่มีผลดีในการบำบัดรักษา มาจากกระบวนการหลัก คือ การตระหนักรู้ปัจจุบันขณะ “รู้ลึกแต่ไม่รู้” (moment to moment, non judgment awareness) และการตระหนักรู้ปัจจุบันอย่างที่ เป็น (awareness of present experience with acceptance)¹⁰ โดยกลไกของการตระหนักรู้อารมณ์น่าจะเกี่ยวข้องกับ emotional regulation (จากหลักฐานการศึกษาที่จะกล่าวต่อไป) ของสมองส่วน prefrontal cortex (PFC) และหรือร่วมกับ amygdala และ insula ซึ่งเชื่อว่าทำหน้าที่ในการควบคุมอาการซึมเศร้า หรือวิตกกังวล¹² การฝึกสติแนวพุทธไม่ได้หมายถึงทำให้จิตใจว่างเปล่าปราศจากความคิด หรือแสวงหาแต่สิ่งที่น่ายินดี ผลักไล่สิ่งที่ไม่ชอบใจ หรือหลบหนีหนีหายจากสิ่งครอบงำกลายเป็นนักบวชหรือกลายเป็นคนเย็นชาปราศจากความรู้สึก⁹ ในทศวรรษที่ผ่านมา มีรายงานการศึกษากการฝึกสติแนวพุทธมากขึ้นเนื่องจากเชื่อว่าจะเป็นกิจกรรมหลัก (core process)¹³ ในการบำบัดทางจิตวิทยา อย่างไรก็ตามมีข้อโต้แย้งในความเชื่อว่าเป็นคลื่นลูกใหม่ของจิตบำบัดหรือคลื่นลูกที่ 3 (third wave)¹² หรือเป็นเพียงพิธีกรรม¹⁴ เนื่องจากกระบวนการรักษาคัลยา หรือไม่แตกต่างจากการทำสมาธิ (concentration) การผ่อนคลาย การสะกดจิตที่มีอยู่ดั้งเดิม

ในระยะเริ่มต้นของการศึกษาวิจัยใช้คำว่า mindfulness ซึ่งอาจจะไม่ตรงกับการฝึกสติตามแนวพุทธ¹⁵ (ต่อไปจะใช้คำว่า การฝึกสติ) ทำให้มีผู้เชื่อว่าการฝึกสติไม่แตกต่างจากการฝึกผ่อนคลาย¹⁶

พื้นฐานเบื้องต้นของการฝึกสติ ผู้ปฏิบัติต้องรู้สึกตัว ตื่นออกมาจากความคิดหรือ สิ่งที่ทำต่อเนื่อง เป็นอัตโนมัติในชีวิตประจำวันทุกๆ ไป นอกจากนี้ เทคนิค หรือรูปแบบการภาวนา (meditation) ใน การศึกษาวิจัยมีความหลากหลาย ซึ่ง Lutz และ คณะ¹⁷ จำแนกเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ การภาวนา แบบกำหนด หรือสมาธิภาวนา (concentration or focus meditation: FM) หรือ เป็นการกำหนดวัตถุ อารมณ์เพื่อจดจ่อหรือใส่ใจ (attention) มีผลเพื่อให้เกิดความสงบ จิตใจผ่อนคลาย¹⁶ มีวิธีการปฏิบัติ แตกต่างกันไป เช่น กำหนดคำภาวนา กำหนดภาพ กำหนดการเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือการฝึกแบบ วิปัสสนาภาวนา (insight meditation หรือ open meditation: OM) ซึ่งเป็นการรู้สิ่งที่เกิดขึ้น ทางกายและทางใจในแต่ละขณะๆ โดยไม่กำหนดวัตถุ/ อารมณ์ในการภาวนา^{9,15,18} การภาวนาแบบนี้มีผลเพื่อ ให้มีปัญญาเห็นไตรลักษณ์ ในชีวิตประจำวันสัมผัส เกิดขึ้นเองได้น้อย ต้องอาศัยการฝึกฝนหรือภาวนา เพื่อให้เกิดขึ้นบ่อยๆ (state of sati) เมื่อมีสัมผัส บ่อยๆ เองๆ จิตใจจะมีสัมผัสสมาธิคือตั้งมั่น เมื่อ ฝึกฝนจนชำนาญ มีภาวะผู้รู้ เป็นเพียงผู้สังเกต สิ่งใดสิ่งหนึ่ง¹⁰ จนมีปัญญาเห็นไตรลักษณ์ คลายการ ยึดเหนี่ยวพันทุกข์ในที่สุด¹⁵ อย่างไรก็ตามในการ ฝึกปฏิบัติจริง ทั้งในประเทศไทย หรือ MBSR มีการฝึกทั้ง FM, OM ควบคู่กันไปเนื่องจาก FM จะเกื้อกูล ทำให้การ OM มีความก้าวหน้ามากขึ้น^{13,16}

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทบทวนการ ศึกษาประสาทวิทยาศาสตร์ของการภาวนา โดยไม่กล่าวถึง กระบวนการจิตวิทยาที่อธิบายเกี่ยวกับ consciousness, awareness, attention และการเปรียบเทียบผล ของการฝึกสติกับการบำบัดด้วยเทคนิคอื่น

วัสดุและวิธีการ

กำหนดคำสำคัญ คือ mindfulness สืบค้น ในฐานข้อมูล Pubmed Central, Science direct, Springerlink, Scopus, Wiley และเครื่องมือสืบค้น Google กำหนดปี ค.ศ. 1990 ถึง พฤศจิกายน 2011 ค้นหาบทความรวมบทความพื้นฐาน อภิธาน รายงาน วิจัยในคน เฉพาะภาษาอังกฤษ ภาษาไทยใช้คำว่า สมาธิ สติ

ผล

ได้บทความที่เกี่ยวข้องและสามารถสืบค้น ได้จำนวน 17 เรื่อง (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 12, 18-19, 22-35) โดยคัดเฉพาะบทความเกี่ยวกับ neu- roscience และรายงานวิทยานิพนธ์ภาษาไทยจำนวน 1 เรื่อง

การศึกษาวิจัยทางตะวันตก ตลอดสามสิบปี เพื่อศึกษาความแตกต่างของการทำงานของสมอง ขณะภาวนา หรือสมองของพระสงฆ์หรือผู้เชี่ยวชาญที่ ฝึกสติสม่ำเสมอแตกต่างจากคนทั่วไปอย่างไร หัวข้อนี้ เพื่อทบทวนการศึกษาด้วยภาพคลื่นไฟฟ้าสมอง (electroencephalogram: EEG) functional magnetic resonance imaging (fMRI) และ single photon emission computed tomography (SPECT) โดย เรียงลำดับปีที่ศึกษา

EEG

คลื่นไฟฟ้าสมองมีความแตกต่างตาม สรีรวิทยา (อายุ ภาวะง่วง หลับ เครียด) ยา สมดุล เกลือแร่ในร่างกาย ผู้ใหญ่ปกติจะมีคลื่นแอลฟา (8- 12 Hz) อาจจะมีคลื่นเบต้า (13-25 Hz) ที่สมองส่วนหน้า และคลื่นธิต้า (4-7 Hz) คลื่นเดลต้า (≤ 3 Hz)

จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงว่างหรือหลับ¹⁹ ส่วนการศึกษา EEG ในการฝึกภาวนาเป็นการศึกษา digital EEG เชิงปริมาณ (qualitative EEG: qEEG) วิเคราะห์ช่วงคลื่นที่กำหนด (spectral analysis) ด้วยโปรแกรมคำนวณซึ่งสามารถแสดงเป็นรูปภาพตามตำแหน่งของสมองที่สนใจ หรือเป็นตารางตัวเลข²⁰ โดยทั่วไปการแปลผล qEEG จะพิจารณาพร้อมกับ EEG ปกติซึ่งผู้แปลผลต้องมีความชำนาญ

การฝึกสติมีผลต่อ EEG แตกต่างกันไป ขึ้นกับเทคนิคการภาวนา ความชำนาญของการภาวนามีการศึกษาจำนวนมากแต่ไม่สามารถเปรียบเทียบผลการศึกษาได้ เนื่องจากวัสดุวิธีการศึกษา กลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน และมีจำนวนค่อนข้างน้อย²¹⁻²³ ในบทความนี้ทบทวนและวิเคราะห์การศึกษาเฉพาะที่มีการเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองกับควบคุม

สำหรับประเทศไทยในปี พ.ศ. ๒๕๓๘ สุชาติ ไกรพิบูลย์²⁴ ได้ศึกษาการออกกำลังกาย แบบ step พร้อมกับฝึกสมาธิในนักศึกษาหญิง จำนวน 110 คน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ออกกำลังกายอย่างเดียว กลุ่มที่ออกกำลังกายร่วมกับฝึกสมาธิด้วยวิธีนับ 1-5 และกำมือขวา จนครบเวลา กลุ่มที่ฝึกสมาธิอย่างเดียวโดยให้ผู้ฝึกมองเข็มวินาที และมีสมาธิอยู่ที่เข็มวินาที หลังจากนั้นให้ใช้นิ้วมือเคาะหน้าขาตนเอง ทุกครั้งที่เข็มวินาทีผ่านช่วง 5 วินาที และกลุ่มควบคุมติดตามประเมินผลคลื่นแอลฟาในสัปดาห์ที่ 2, 4 และ 8 สัปดาห์ พบว่าในกลุ่มที่ทำสมาธิร่วมกับการออกกำลังกายมีคลื่นแอลฟาเปลี่ยนแปลงสูงสุด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ทำสมาธิ การศึกษานี้มีข้อจำกัดในการบันทึกและการวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้าสมองซึ่งไม่ใช้การบันทึกแบบมาตรฐาน และวิเคราะห์ด้วย spectral analysis

Dunn และคณะ¹⁶ ศึกษา EEG ในนักศึกษาจำนวน 10 คน ที่ผ่านการฝึกสอนภาวนาทั้งแบบ FM และ OM เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ โดยเริ่มต้น FM เป็นเวลาติดต่อกัน 5 สัปดาห์ ละ 5 วัน ละ 10 นาที ถึง 30 นาที ให้กำหนดลมหายใจ หรือการพองยุบของกระบังลม ส่วน OM เริ่มต้นด้วย FM อย่างน้อย 3 นาที ต่อด้วย OM ด้วยการฝึกรู้ตามปกติ เช่น การมองเห็น การได้ยิน การรับรส บางครั้งอาจจะด้วยการกำหนด เช่น เห็นหนอ ได้ยินหนอเบาๆ หลังจากนั้นอีกสองสัปดาห์ให้ฝึกเดินสลับการนั่ง และส่งเสริมให้ฝึกในชีวิตประจำวัน เช่น ขณะเรียน หรือกิจวัตรประจำวันและบันทึกในสมุด บันทึก EEG ในขณะผ่อนคลาย ขณะปฏิบัติ FM และ OM ตามลำดับ แต่ละกิจกรรมใช้เวลาประมาณ 15 นาที พบว่า EEG ระหว่าง OM, FM และผ่อนคลายแตกต่างกัน โดยที่ขณะผ่อนคลาย มีแนวโน้มขนาดคลื่นเดลต้าและธีต้ามากกว่าทั่วสมอง โดยเมื่อเปรียบเทียบกับ FM จะพบความแตกต่างในทุกตำแหน่งของสมอง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ OM จะพบความแตกต่างเฉพาะสมองส่วนหน้าและส่วนกลาง ส่วนคลื่นความถี่สูง (แอลฟาและเบต้า) ให้ผลกลับกัน คือ ใน FM และ OM จะพบขนาดสูงกว่าขณะผ่อนคลายในสมองส่วนกลางและส่วนหลัง การศึกษาครั้งนี้ เป็นหลักฐานที่สนับสนุนว่าการภาวนาที่มีเทคนิคต่างกันส่งผลให้คลื่นไฟฟ้าสมองแตกต่างกัน ซึ่งเป็นการยืนยันว่าการภาวนาทั้ง OM และ FM แตกต่างจากขณะผ่อนคลาย สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง OM กับ FM ผู้วิจัยไม่ได้วิเคราะห์เปรียบเทียบกันโดยตรง สำหรับเทคนิค OM ที่ระบุ มีความตั้งใจที่กำหนดรู้หนอๆ (ไม่ใช่แค่รู้แค่ดูเฉยๆ) ทำให้คลื่นไฟฟ้าสมองขณะ OM และ FM เมื่อเปรียบเทียบ

กับขณะผ่อนคลาย พบว่ามีคลื่นแอลฟาและเบต้าสูงขึ้นในส่วนสมองส่วนหลังและส่วนกลางซึ่งเป็นสมองส่วนที่รับรู้ทางร่างกาย (somatosensory area)

Davidson และคณะ²⁵ ศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจำนวน 25 คน เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมจำนวน 16 คน (อยู่ระหว่างรอเข้ารับการรักษา) ซึ่งสมัครใจเข้ารับการรักษาอาการเครียดด้วยการฝึกสติตามหลักสูตรด้วย MBSR ที่พัฒนาโดย Kabat-Zinn การตรวจด้วย spectral analysis EEG พบว่ามีการกระตุ้นสมองซีกซ้ายด้านหน้าจากการวิเคราะห์ alpha index ระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกับการศึกษาของ Chan และคณะ²⁶ ศึกษาในนักศึกษาที่ฝึกภาวนาด้วย triarchic body-pathway เป็นการฝึกการผ่อนคลายแบบจินตนาการ จากศีรษะสู่เท้าผ่านร่างกายตามแนวด้านหน้าหลัง และด้านข้างของร่างกาย เปรียบเทียบกับการฟังเพลง พบว่ามีการกระตุ้นสมองซีกซ้าย (alpha index ลดลง) และพบคลื่นรบกวนตำแหน่งของ frontal midline เฉพาะกลุ่มที่ฝึกภาวนาเท่านั้น อย่างไรก็ตามการศึกษาของ Davidson กลุ่มตัวอย่างเป็นผู้เข้ารับบำบัดความเครียดไม่ใช่คนทั่วไป ไม่ได้ควบคุมอายุของกลุ่มควบคุม แต่เป็นการศึกษาครั้งแรกที่มีการเปรียบเทียบและติดตามผลด้านอื่นของการฝึกสติ คือ มีการสร้างภูมิคุ้มกันต่อการติดเชื้อไข้หวัดใหญ่ (ระดับ antibody) สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ

Cahn และคณะ²⁷ ศึกษา qEEG ในกลุ่มตัวอย่างฝึกแบบวิปัสสนา จำนวน 16 คน ที่ภาวนาทุกวันอย่างติดต่อกันไม่น้อยกว่า 1 ปี เฉลี่ย 13 ปี (SD=10.7) แบ่งเป็นกลุ่มที่มีประสบการณ์น้อยกว่า 5 ปี และมากกว่า 10 ปี จำนวน 6 และ 10 คน ตามลำดับ บันทึก EEG ในขณะภาวนา และ ขณะ

พักโดยให้คิดถึงเหตุการณ์ที่ผ่านมาโดยเป็นเหตุการณ์ทั่วไป (neutral past events) เพื่อให้เบี่ยงเบนการเข้าสู่การภาวนาโดยอัตโนมัติ วิเคราะห์เฉพาะ 6 นาทีสุดท้ายของแต่ละช่วงการบันทึก พบคลื่นแกมมาตำแหน่ง parieto-occipital พร้อมกับ delta power ลดลงที่ตำแหน่ง frontal lobe ทั้งสองข้างและ มีขนาดของคลื่นรบกวนเพิ่มขึ้นที่ตำแหน่ง frontal เมื่อเปรียบเทียบกับภาวะพัก โดยที่คลื่นแกมมา (30-50 Hz) ที่ตำแหน่ง occipital lobe มีแนวโน้มสัมพันธ์กับประสบการณ์ระยะเวลาที่ฝึกฝน ซึ่งการศึกษาของ Cahn ไม่พบ alpha effect ระหว่างภาวนากับภาวะปกติ ในผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งต่างจากการศึกษาของ Chan และ Robertson เป็นการศึกษาในผู้ฝึกปฏิบัติใหม่ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจจะเป็นการเริ่มต้นของสมองที่มีการเปลี่ยนแปลง ส่วน gamma effect มีรายงานในวิปัสสนาภาวนาเฉพาะผู้ที่เชี่ยวชาญและการภาวนาแบบแผ่เมตตาของลามาเททิเบต อย่างไรก็ตาม การรายงาน gamma effect มีประเด็นในการศึกษาต่อไป ในรูปแบบการภาวนา การบันทึก ตำแหน่งของ electrode ที่วิเคราะห์

Travis และ Shear²⁸ ได้ทบทวนการศึกษา EEG ในการภาวนารูปแบบต่างๆ สรุปว่าในขณะที่ฝึกวิปัสสนา เช่น โยคะจะพบคลื่นรบกวนตำแหน่ง frontal midline สูง และคลื่นเดลต้าต่ำ รูปแบบ Transcendental Meditation (TM) เป็นการสมถะภาวนา แบบหนึ่งที่พบคลื่นแอลฟาสูง แต่สำหรับผู้ที่ฝึกต่อเนื่อง เช่นการศึกษาในพระทิเบตพบคลื่นเบต้า 2 (ความถี่ 20-30Hz) และคลื่นแกมมา ในขณะที่กำลังภาวนา การฝึกภาวนาที่เน้นการผ่อนคลายจะพบว่ามีคลื่นรบกวนสูง หรือ เดลต้าสูง ในขณะที่เน้นการกำหนดจะมีคลื่นแอลฟาหรือเบต้าสูงกว่า อย่างไรก็ตามการศึกษา

คลื่นไฟฟ้าสมองเป็นการทำงานที่ตรวจค้นได้เฉพาะเปลือกสมองเท่านั้น ซึ่งไม่ทราบว่าการเปลี่ยนแปลงของคลื่นไฟฟ้าที่เกิดขึ้นมาจากสมองส่วนใด

fMRI เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการไหลเวียนของเลือดหรือกระบวนการสันดาป (metabolism) หรือปริมาณออกซิเจนของสมองขณะทำกิจกรรมที่ศึกษา ด้วยการสร้างภาพด้วยคลื่นแม่เหล็กและการคำนวณเพื่อแสดงตำแหน่งเฉพาะที่ของสมองซึ่งถูกกระตุ้นตามกิจกรรมที่ศึกษา เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในขณะปัจจุบัน (acute phase) ซึ่งได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น²⁹ แต่ปัจจุบันยังมีข้อจำกัดในการประยุกต์ในเวชปฏิบัติจึงเป็นการศึกษาวิจัยในห้องทดลองเท่านั้น ในระยะแรกมีรายงานผล fMRI ในขณะภาวนา พบว่ามีการกระตุ้นของสมองส่วน dorsolateral prefrontal cortex (DLPFC) ข้างขวาต่อมาพบว่าวิธีการศึกษา รูปแบบกิจกรรมหรือเทคนิคการภาวนานั้นมีผลต่อการกระตุ้นของสมองที่แตกต่างกัน เช่น การภาวนาที่กำหนดลมหายใจ มีการกระตุ้นสมองส่วน anterior cingulate cortex (ACC) และ medial prefrontal cortex การภาวนาที่กำหนดคำภาวนามีการกระตุ้นส่วน frontoparietal network การกำหนดรู้อารมณ์ (หมายถึงความคิด ความรู้สึกทางใจ) มีการกระตุ้น fronto-limbic²¹ นอกจากนี้ระยะเวลาที่ฝึกสติ ก็แสดงผลการกระตุ้นสมองตำแหน่งที่แตกต่างกันด้วยดังการศึกษาที่จะกล่าวต่อไป¹⁸

Brefczynski-Lewis และคณะ³⁰ แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin ทำการศึกษาในผู้เชี่ยวชาญการภาวนาแบบทิเบตเปรียบเทียบกับผู้ปฏิบัติใหม่ ควบคุมด้วยอายุจำนวน 12 คน โดยที่ผู้เชี่ยวชาญเป็นชาวเอเชีย 7 คน คอเคเซียน 5 คน ส่วนผู้ปฏิบัติใหม่เชื้อชาติคอเคเซียนทั้งหมด และมีกลุ่มควบคุมอีกกลุ่ม

จำนวน 11 คน จะได้รับเงินถ้าหากทำได้ติดอันดับของหนึ่งในสาม กลุ่มตัวอย่างจะต้องภาวนา ด้วยการเพ่งจุดเล็กบนจอสีเทานานประมาณ 2.7 นาที และพัก 1.6 นาที สลับกันสัปดาห์ประมาณ 20 นาที ในขณะที่ภาวนาจะมีเสียงแทรกทั้งเสียงด้านบวก ด้านลบและกลางๆ โดยกำหนดเวลาเสียงที่กระตุ้นมีแบบแผน ผลการศึกษาพบว่า ขณะภาวนา สมองของทุกคนมีการกระตุ้นที่ตำแหน่ง frontal parietal, lateral occipital, insula, thalamus, basal ganglion และ cerebellum มากกว่าในขณะพัก เฉพาะผู้ปฏิบัติใหม่มี negative activation ขณะพักมากกว่าภาวนา ที่ตำแหน่ง anterior temporal lobe ทั้งสองข้าง โดยที่ผู้เชี่ยวชาญมีการกระตุ้นตำแหน่ง left superior frontal gyrus (SFG)/ middle frontal gyrus (MFG) ในขณะภาวนาเมื่อเปรียบเทียบกับขณะพักแล้วพบว่าสมองของผู้เชี่ยวชาญมีการกระตุ้นมากกว่าผู้ปฏิบัติใหม่ เมื่อแยกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก มีจำนวนชั่วโมงการภาวนาเฉลี่ย 44,000 ชั่วโมง (37,000-52,000 ชั่วโมง) และกลุ่มที่สองมีจำนวนชั่วโมงการภาวนาเฉลี่ยน้อยกว่า 19,000 ชั่วโมง (10,000-24,000 ชั่วโมง) พบว่าในกลุ่มที่จำนวนชั่วโมงการภาวนาน้อยมีการกระตุ้นสมอง (ในตำแหน่งที่สนใจศึกษาซึ่งมาจากการทบทวนเอกสาร) สูงสุดมากกว่าผู้ปฏิบัติใหม่ และผู้ที่มีจำนวนชั่วโมงสูงกว่าเป็นการยืนยัน inverted u shape ของการทำงานของสมองในส่วนการภาวนาแบบกำหนด โดยที่ความตั้งใจหรือความพยายามเพิ่มขึ้นและลดลงเมื่อผู้เชี่ยวชาญถึงระดับ และ ในขณะเริ่มภาวนา ศึกษาด้วย fMRI พบว่า DLPFC มีการกระตุ้นช่วงสั้นกว่าผู้เชี่ยวชาญที่มีจำนวนชั่วโมงสูง

Lutz และคณะ³¹ แห่งมหาวิทยาลัย Wisconsin ศึกษากลุ่มตัวอย่างคือลามะทิเบตจำนวน

16 รูป เปรียบเทียบกับกลุ่มเปรียบเทียบควบคุมอายุ จำนวน 14 คน ที่เริ่มฝึกปฏิบัติ 1 สัปดาห์ ก่อนการศึกษา สำหรับผู้ฝึกปฏิบัติใหม่ ให้ฝึกปฏิบัติเมตตาภาวนาโดยระยะแรกจะได้รับคำสอน ให้นึกถึงคนที่รู้จัก น้อมใจส่งความปรารถนาดีความพร้อมที่จะให้ความช่วยเหลือโดยไม่มีเงื่อนไข ต่อจากนั้นให้ส่งความปรารถนาดีโดยไม่จำกัดเฉพาะคนที่รู้จัก การศึกษาพบว่าสมองของลามะมีการกระตุ้นตำแหน่ง insula มากกว่าเมื่อได้ยินเสียงร่ำคาญ (sounds of distress) เปรียบเทียบกับเมื่อได้ยินเสียงทางบวกหรือเสียงปกติ และเมื่อเปรียบเทียบกับผู้ปฏิบัติใหม่ ในการเปรียบเทียบขณะเมตตาภาวนากับขณะพักระหว่างลามะกับผู้ปฏิบัติใหม่พบว่าสมองของลามะมีการกระตุ้นที่ตำแหน่ง amygdala temporoparietal junction ข้างขวา และ ตำแหน่ง superior temporal sulcus ต่อเสียงทุกแบบมากกว่าผู้ฝึกปฏิบัติใหม่ การศึกษานี้แสดงให้เห็นความเชี่ยวชาญในการฝึกสติมีการเปลี่ยนแปลงสมองส่วนที่ทำหน้าที่รับรู้ความรู้สึก (insula) ทำงานเร็วขึ้น โดยเฉพาะจากสิ่งกระตุ้นที่เป็นทางลบ ซึ่งมีวงจรที่ต่างไปจากคนธรรมดา

Manna และคณะ³² ศึกษาในพระสงฆ์นิกายเถรวาทสายพระอาจารย์ชา จำนวน 8 รูป เปรียบเทียบระหว่าง FM (รู้ลมหายใจ), OM และขณะพัก และเปรียบเทียบระหว่างพระสงฆ์กับผู้ปฏิบัติใหม่ 10 วัน ก่อนการทดลอง จำนวน 8 คน พบว่า พระสงฆ์ในขณะ FM เมื่อเปรียบเทียบกับขณะพัก มีการกระตุ้นที่ ACC ทั้งสองซีกสมอง และด้านขวาของ medial anterior PFC (aPFC) และมีตำแหน่งไม่ถูกกระตุ้นสมองซีกซ้ายคือ DLPFC, aPFC precuneus, insula ในขณะที่ OM พบการกระตุ้นที่ตำแหน่ง aPFC ข้างซ้าย medial aPFC เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง OM

กับ FM พบการเปลี่ยนแปลงของซีกซ้าย รวม DLPFC, superior and middle frontal gyrus, precuneus, superior parietal lobe และ anterior insula และส่วนที่ไม่ถูกกระตุ้นระหว่าง FM ส่วนผู้ปฏิบัติใหม่ ไม่พบการเปลี่ยนแปลงที่มีนัยสำคัญระหว่าง OM กับ FM แต่เมื่อเปรียบเทียบในขณะภาวนา FM กับขณะพักพบว่ามีการกระตุ้น left posterior cingulate ขณะภาวนา OM มีการกระตุ้นที่ dorsal ACC เมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างสองกลุ่ม ในขณะภาวนา OM ของกลุ่มพระสงฆ์ มีการกระตุ้น precuneus, right dorsal ACC, right parahippocampal gyrus ส่วนในขณะภาวนา FM นั้นมีการกระตุ้น dorsal ACC, medial frontal gyri ทั้งสองข้างมากกว่ากลุ่มผู้ปฏิบัติใหม่ ส่วนกลุ่มผู้ปฏิบัติใหม่มีการกระตุ้นตำแหน่ง right rostral ACC, bilateral inferior frontal gyri, right orbitofrontal ขณะภาวนา OM และ right medial aPFC ขณะภาวนา FM ดังนั้นในความเชี่ยวชาญในการภาวนาจะมีผลวงจรการทำงานของสมอง และเทคนิคการภาวนาที่แตกต่างกัน สมองจะทำงานในตำแหน่งที่ต่างกัน

Hozel และคณะ³³ จาก Harvard ศึกษา fMRI ในผู้สมัครเข้า MBSR จำนวน 16 คน และกลุ่มควบคุม 17 คน เปรียบเทียบก่อนหลังการฝึกสติ ซึ่งกลุ่มทดลองมีระยะเวลาฝึกเฉลี่ย 27 นาทีต่อวัน พบว่าสมองส่วน gray matter ของ hippocampus, posterior cingulate gyrus, temporoparietal junction หนาตัวขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มทดลอง โดยที่ส่วน insula ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่ม

Sperduti และคณะ³⁴ วิเคราะห์การศึกษา fMRI จากรายงานจำนวน 10 เรื่อง ด้วย Activation likelihood estimation ซึ่งมีขนาดตัวอย่าง 91 คน ฝึกภาวนาด้วยเทคนิคโยคะ (เป็นสมถะภาวนาชนิด

หนึ่ง) 42 คน OM 26 คน พบว่าตำแหน่งของสมองที่ถูกกระตุ้นตรงกันมากที่สุด คือ ตำแหน่ง enthorinal cortex, left caudate body, medial PFC (MPFC) ซึ่งผู้วิจัยเสนอว่า caudate nucleus ทำหน้าที่ในการฝึกสติคือให้รู้ตัวเพื่อคงสภาพการภาวนา ส่วน MPFC ทำหน้าที่ self monitoring ส่วน enthorinal cortex ส่วน parahippocampus ทำหน้าที่ควบคุมความคิดและไม่ให้ใจลอย โดยรวมทั้งสามส่วนทำหน้าที่รวมคือ thoughtless awareness

SPECT

Newberg และคณะ³⁵ ศึกษาวิเคราะห์เพิ่มเติมผลของการฝึกภาวนาต่อสมองในระยะยาวด้วย SPECT ซึ่งเคยศึกษาไว้ในปี ค.ศ. 2003³⁶ โดยเปรียบเทียบระหว่างผู้ที่ฝึกต่อเนื่องกับกลุ่มควบคุมที่เป็นคนทั่วไป พบว่าผู้ที่ฝึกต่อเนื่องมีการไหลเวียนของเลือดตำแหน่งสมองทั้งส่วนหน้าและ thalamus ข้างซ้าย สมองส่วนกลาง สูงกว่ากลุ่มควบคุมในขณะที่พัก อย่างไรก็ตามการศึกษานี้มีข้อจำกัดเนื่องจากขณะพักของคนที่ไม่ฝึกสมาธิ ไม่ได้ยืนยันว่าในขณะที่ตรวจด้วย SPECT เป็นการพักที่แท้จริง และกลุ่มตัวอย่างมีการภาวนาที่แตกต่างกันแม้ว่าจะเป็น FM แต่ใช้การกำหนดที่ต่างกัน เช่น คำภาวนา หรือสร้างนิมิตในการภาวนา ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาต่อไปเพิ่มเติมโดยมีระเบียบวิจัยที่รัดกุมขึ้น

วิจารณ์

การศึกษาประสาทวิทยาศาสตร์ของสมองในขณะที่ภาวนาปัจจุบันเน้น MBSR และ OM มากขึ้น ต่างจากการศึกษาในช่วงแรกจะเน้น TM ซึ่งมีการศึกษาเปรียบเทียบผู้ฝึกใหม่ ผู้ชำนาญ และการฝึกสติ

ด้วยเทคนิคที่หลากหลายมากขึ้น มีคำจำกัดความของคำว่าสติแนวพุทธที่ชัดเจนมากขึ้น เพื่อแสดงให้เห็นการทำงานของสมองในขณะที่เริ่มต้นจะมีการกระตุ้นตำแหน่งใด โดยอาศัยหลักจิตวิทยา การฝึกสติแนวพุทธมีองค์ประกอบ คือ intention (เจตนา) attention (ความใส่ใจ) และ attitude (เจตคติ)¹³ ซึ่งทั้งสามองค์ประกอบเป็นกระบวนการต่อเนื่องทำให้เกิด self regulation of attention คือ การรู้เป็นขณะๆ เพื่อพัฒนาให้เกิดการแยกระหว่างประสบการณ์การเรียนรู้สิ่งที่เกิดขึ้นภายในและภายนอก (decentered relationship) การฝึกสติส่งผลต่อการควบคุมอารมณ์ (emotional regulation)³⁷ คือตำแหน่ง insula, ACC, somatosensory area (จาก fMRI) โดยเฉพาะในผู้ที่เชี่ยวชาญมีประสบการณ์การฝึกต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานสมองส่วนเปลือกสมอง PFC จะหนาตัวมากขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษา fMRI จำเป็นต้องออกแบบและทบทวนแนวคิดทางจิตวิทยา³⁸ การทำงานของสมองเพื่อการออกแบบในการวิจัยและการวิเคราะห์ทางสถิติที่มีมาตรฐานตรงกัน รวมถึงรูปแบบการภาวนาที่ต้องการศึกษาเพื่อสามารถอธิบายได้ ส่วนคลื่นไฟฟ้าสมองมีการจัดระเบียบขึ้นกับเทคนิคที่ใช้ฝึก อย่างไรก็ตามมีหลักฐานขณะภาวนา คลื่นสมองมีความแตกต่างจากขณะผ่อนคลายซึ่งในขณะปฏิบัติ OM จะมีคลื่นช้าตำแหน่ง frontal midline สูง และเดลต้าต่ำ ส่วนการปฏิบัติ FM จะมีคลื่นแอลฟาสูงที่ตำแหน่ง parietooccipital ส่วนขณะผ่อนคลายมีคลื่นเดลต้าทั่วทั้งสมอง ดังนั้นการฝึกสติอย่างต่อเนื่องด้วยหลักฐานการศึกษาด้วยเครื่องมือในปัจจุบัน พบว่ามีผลต่อ brain plasticity ส่วนผลอื่นๆ เช่น ความผาสุก ความจำ ความใส่ใจ ไม่ได้อยู่ในวัตถุประสงค์ของการทบทวนครั้งนี้ และ

การทบทวนครั้งนี้อิงหลักฐานการศึกษาด้วยวิธีทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาจึงมีข้อจำกัด ไม่สามารถอธิบายได้กระจ่างชัดเจน ดังผลที่เกิดขึ้นกับใจของผู้ปฏิบัติตามคำสอนของพระพุทธเจ้า ซึ่งสอดคล้องกับคำว่ารู้เฉพาะตน

สรุป

การศึกษา neuroscience ของการภาวนามีเทคนิค วิธีการบันทึก กลุ่มตัวอย่างแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามในการฝึกแบบ OM โดยเฉพาะแบบ MBSR มีแนวโน้มสูงขึ้น EEG ในขณะที่ OM จะพบคลื่นช้าในตำแหน่งสมองส่วนหน้าสูงกว่าขณะพัก และมีคลื่นแกมมาสูงในส่วนสมอง parieto-occipital ส่วนการศึกษาด้วย fMRI มีหลักฐานเชื่อว่าทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสมองโดยเฉพาะส่วน MPFC และตำแหน่ง entorhinal cortex ซึ่งมีส่วนทำหน้าที่ในการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการตระหนักรู้ต่อเนื่อง

เอกสารอ้างอิง

1. Sirivisoot P. Mindfulness and development method for an application in daily life [thesis]. Chiang Mai: Chiang Mai University; 2002.
2. Kabat-Zinn J. Mindfulness-Based Interventions in Context: Past, Present, and Future. Clin Psychol Sci Pract 2003;10:144-56.
3. Kabat-Zinn J, Massion AO, Kristeller J, Peterson LG, Fletcher KE, Pbert L, et al. Effectiveness of a meditation-based stress reduction program in the treatment of anxiety disorders. Am J Psychiatry 1992;149:936-43.
4. Shapiro SL, Schwartz GE, Bonner G. Effects of mindfulness-based stress reduction on medical and premedical students. J Behav Med 1998;21:581-99.
5. Teasdale JD, Segal ZV, Williams JM, Ridgeway VA, Soulsby JM, Lau MA. Prevention of relapse/recurrence in major depression by mindfulness-based cognitive therapy. J Consult Clin Psychol 2000;68:615-23.
6. Hoppes K. The application of mindfulness-based cognitive interventions in the treatment of co-occurring addictive and mood disorders. CNS Spectr 2006;11:829-51.
7. Bowen S, Chawla N, Collins SE, Witkiewitz K, Hsu S, Grow J, et al. Mindfulness-based relapse prevention for substance use disorders: a pilot efficacy trial. Subst Abuse 2009;30:295-305.
8. Smith BW, Shelley BM, Leahigh L, Vanleit B. A Preliminary Study of the Effects of a Modified Mindfulness Intervention on Binge Eating. Complement Health Pract Rev 2006;11:133-43.
9. Siegel RD, Germer CK, Olendzki A. Mindfulness: What is it? Where did it come from? In: Didonna F, editor. Clinical handbook of mindfulness. New York: Springer; 2009. p. 17-35.
10. Raffone A, Srinivasan N. The exploration of meditation in the neuroscience of attention and consciousness. Cognitive Processing 2010;11:1-7.
11. Sumedho A. Intuitive awareness. Available from: www.buddhanet.net. [25 December 2011]
12. Stein DJ, Ives-Deliperi V, Thomas KG. Psychobiology of mindfulness. CNS Spectr 2008;13:752-6.
13. Shapiro SL, Carlson LE, Astin JA, Freedman B. Mechanisms of mindfulness. J Clin Psychol 2006;62:373-86.
14. Hofmann SG, Asmundson GJ. Acceptance and mindfulness-based therapy: new wave or old hat? Clin Psychol Rev 2008;28:1-16.
15. Mikulas WL. Mindfulness: Significant common confusions. Mindfulness 2011:1-7.
16. Dunn BR, Hartigan JA, Mikulas WL. Concentration and mindfulness meditations: unique forms of consciousness? Applied psychophysiology and biofeedback 1999;24:147-65.

17. Lutz A, Slagter HA, Dunne JD, Davidson RJ. Attention regulation and monitoring in meditation. *Trends Cogn Sci* 2008;12:163-9.
18. Bærentsen KB, Stødtkilde-Jørgensen H, Sommerlund B, Hartmann T, Damsgaard-Madsen J, Fosnæs M, et al. An investigation of brain processes supporting meditation. *Cognitive Processing* 2010;11:57-84.
19. Markand ON. Pearls, perils, and pitfalls in the use of the electroencephalogram. *Semin Neurol* 2003;23:7-46.
20. Nuwer MR. Quantitative EEG: I. Techniques and problems of frequency analysis and topographic mapping. *J Clin Neurophysiol* 1988;5:1-43.
21. Treadway MT, Lazar SW. The neurobiology of mindfulness. In: Didonna F, editor. *Clinical handbook of mindfulness*. New York: Springer; 2009. p.45-57.
22. Ivanovski B, Malhi GS. The psychological and neurophysiological concomitants of mindfulness forms of meditation. *Acta Neuropsychiatrica* 2007;19:76-91.
23. Chiesa A, Serretti A. A systematic review of neurobiological and clinical features of mindfulness meditations. *Psychol Med* 2010;40:1239-52.
24. Kraiphibul S. Effects of step exercise in combination with meditation practice on change of electroencephalogram, cardiovascular endurance and mental health. [thesis]. Bangkok: Chulalongkorn; 2002.
25. Davidson RJ. Alterations in Brain and Immune Function Produced by Mindfulness Meditation. *Psychosom Med* 2003;65:564-70.
26. Chan AS, Han YM, Cheung MC. Electroencephalographic (EEG) measurements of mindfulness-based Triarchic body-pathway relaxation technique: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 2008;33:39-47.
27. Cahn BR, Delorme A, Polich J. Occipital gamma activation during Vipassana meditation. *Cognitive Processing* 2010;11:39-56.
28. Travis F, Shear J. Focused attention, open monitoring and automatic self-transcending: Categories to organize meditations from Vedic, Buddhist and Chinese traditions. *Conscious Cog* 2010;19:1110-8.
29. Small S. Neurobiological correlates of imaging. In: D'Esposito M, editor. *Functional MRI: applications in clinical neurology and psychiatry*. Oxon: Informa Healthcare; 2006. p. 1-8.
30. Brefczynski-Lewis J, Lutz A, Schaefer H, Levinson D, Davidson R. Neural correlates of attentional expertise in long-term meditation practitioners. *PNAS* 2007;104:11483.
31. Lutz A, Brefczynski-Lewis J, Johnstone T, Davidson RJ. Regulation of the neural circuitry of emotion by compassion meditation: effects of meditative expertise. *PLoS One* 2008;3:e1897.
32. Manna A, Raffone A, Perrucci MG, Nardo D, Ferretti A, Tartaro A, et al. Neural correlates of focused attention and cognitive monitoring in meditation. *Brain Res Bull* 2010;82:46-56.
33. Holzel BK, Carmody J, Vangel M, Congleton C, Yerramsetti SM, Gard T, et al. Mindfulness practice leads to increases in regional brain gray matter density. *Psychiatry Res* 2011;191:36-43.
34. Sperduti M, Delaveau P, Fossati P, Nadel J. Different brain structures related to self-and external-agency attribution: a brief review and meta-analysis. *Brain Struct Funct* 2011;1-7.
35. Newberg AB, Wintering N, Waldman MR, Amen D, Khalsa DS, Alavi A. Cerebral blood flow differences between long-term meditators and non-meditators. *Conscious Cog* 2010;19:899-905.
36. Newberg A, Pourdehnad M, Alavi A, EUGENE GOA. Cerebral blood flow during meditative prayer: preliminary findings and methodological issues. *Percept Mot Skills* 2003;97:625-30.
37. Dimidjian S. Defining an Agenda for Future Research on the Clinical Application of Mindfulness Practice. *Clin Psychol Sci Pract* 2003;10:166-71.
38. Fletcher LB, Schoendorff B, Hayes SC. Searching for mindfulness in the brain: A process-oriented approach to examining the neural correlates of mindfulness. *Mindfulness* 2010;1:41-63.