

6-1-1997

## Magnetic stimulation in clinical neurophysiology

K. Piravej

Follow this and additional works at: <https://digital.car.chula.ac.th/clmjournal>



Part of the [Medicine and Health Sciences Commons](#)

---

### Recommended Citation

Piravej, K. (1997) "Magnetic stimulation in clinical neurophysiology," *Chulalongkorn Medical Journal*: Vol. 41: Iss. 6, Article 8.

Available at: <https://digital.car.chula.ac.th/clmjournal/vol41/iss6/8>

This Review Article is brought to you for free and open access by the Chulalongkorn Journal Online (CUJO) at Chula Digital Collections. It has been accepted for inclusion in Chulalongkorn Medical Journal by an authorized editor of Chula Digital Collections. For more information, please contact [ChulaDC@car.chula.ac.th](mailto:ChulaDC@car.chula.ac.th).

## การนำ magnetic stimulation มาประยุกต์ใช้ทางคลินิก

กฤษฎณา พิวเวช\*

Piravej K. Magnetic stimulation in clinical neurophysiology. Chula Med J 1997  
Jun;41(6): 465-74

*Until 1980, CNS motor tracts remained inaccessible to routine electrophysiological evaluation in conscious subjects. Merton and Morton showed that a brief high-voltage electrical discharges applied to the scalp overlying the motor cortex could elicit twitches in contralateral arm and leg muscles. Shortly thereafter, Barker and his colleagues reported the use of a magnetic stimulation for transcranial stimulation. It was found to have several advantages over the electrical technique; the major one being the lack of pain. Magnetic stimulation's main advantages are safe and easy stimulation of most neural structures. And it is unimpeded by fat and bone and without discomfort. The resultant compound motor action potential measured over peripheral muscles has a very high amplitude and does not require signal averaging. So far, the majority of clinical applications for this technique have been in the non-invasive stimulation of the peripheral and central motor pathways.*

**Key words :** *Magnetic stimulation, High voltage electrical discharge.*

Reprint request : Piravej K. Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine,  
Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

Received for publication. April 15, 1997.

## 1. ประวัติความเป็นมา

ในอดีตเทคนิคทางประสาทสรีรวิทยาศึกษาที่ใช้ประเมินการทำงานของทางเดินประสาทส่วนกลาง (central neural pathways) เช่น evoked potentials นั้น จะเป็นการตรวจในระบบความรู้สึก (sensory system) เป็นหลัก แต่หลังจากที่ Merton และ Morton ได้รายงานเทคนิคการกระตุ้นสมองส่วน motor cortex ผ่านผิวหนังศีรษะด้วยไฟฟ้าความดันสูง (high voltage) ในปี ค.ศ. 1980<sup>(1)</sup> ก็มีผู้พยายามนำเทคนิคนี้มาศึกษาบูรณาภาพ (integrity) ของทางเดินประสาทส่วนกลางที่ควบคุมการเคลื่อนไหว (central motor pathway) ในผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพกันบ้าง แต่เนื่องจากวิธีดังกล่าวมักทำให้เกิดความไม่สบายแก่ผู้รับการตรวจอยู่มากพอสมควร จึงไม่ค่อยนิยมนำมาประยุกต์ใช้ทางเวชปฏิบัติ

ในปี ค.ศ. 1985 Barker และคณะ ได้รายงานการใช้พลังแม่เหล็กในการกระตุ้นสมองผ่านกะโหลก (transcranial magnetic stimulation)<sup>(2)</sup> ก็มีผู้ทดลองทำตาม และพบว่าเทคนิคนี้มีข้อดีกว่าวิธีแรกอยู่มาก โดยเฉพาะในประเด็นที่ ไม่สร้างความเจ็บปวดแก่ผู้รับการตรวจเลย นับแต่นั้นมาก็มีผลงานวิจัยที่ใช้ magnetic stimulation ทั้งที่ศึกษาในคนปกติและผู้ป่วยถูกพิมพ์เผยแพร่ออกมาเป็นจำนวนมาก ในปัจจุบันนี้เทคนิคการกระตุ้นด้วยพลังแม่เหล็กนี้ ดูเหมือนจะมาถึงจุดที่มีความพร้อม สำหรับใช้เป็นการตรวจมาตรฐานอีกวิธีหนึ่งทางประสาทสรีรวิทยาศึกษา<sup>(3)</sup>

## 2. ประสาทสรีรวิทยา

ในสัตว์ทดลอง การกระตุ้นที่ผิว primary motor cortex หนึ่งครั้ง จะก่อให้เกิดคลื่นเคลื่อนลง (descending waves) หลายตัว ซึ่งเราสามารถตรวจบันทึกได้ เช่นที่ medullary pyramids หรือที่ corticospinal tract ด้านตรงข้ามในไขสันหลัง คลื่นแรกสุดที่เกิดขึ้นมี latency สั้นมาก เรียกว่า D wave (Direct)<sup>(3)</sup> เชื่อว่าเกิดในบริเวณใยประสาทส่วนต้นของเซลล์ประสาทพिरามิดอลที่

นำสัญญาณไว (fast conducting) และสามารถตรวจวัดได้ในชั้น subcortical แม้จะทำลายชั้น cortex ไปแล้วก็ตาม สำหรับคลื่นตัวต่อ ๆ ไปจะสามารถตรวจบันทึกได้ก็ต่อเมื่อชั้น cortex ยังติดอยู่ โดยมี latencies ที่ยาวขึ้น ซึ่งแสดงว่าน่าจะเป็นผลจากการนำสัญญาณประสาทที่ข้ามสัมผัสประสาท (synapse) ตั้งแต่หนึ่งอันขึ้นไป จึงเรียกคลื่นเหล่านี้ว่า I wave (indirect) เชื่อว่า I wave นี้มีกำเนิดจาก excitatory interneurons ของ cortex และเนื่องจากไม่มีการแยกกระจายของ latency ของ D wave เทียบกับ I wave ตัวอื่นๆ เมื่อบันทึกสัญญาณจากระดับต่างๆ ที่ต่ำลงไป ใน corticospinal tract จึงแสดงว่าคลื่นทั้งสองกลุ่มนี้คงจะใช้ทางเดินประสาทที่นำสัญญาณไวเหมือนกัน

ในมนุษย์หลังการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่หนังศีรษะหนึ่งครั้ง จะเกิดคลื่นเคลื่อนลง ทั้ง D และ I ซึ่งสามารถตรวจบันทึกได้ด้วย electrodes ที่วางบนชั้น dura ของ ไขสันหลัง (epidural) หรือกระทั้งที่วางบน ligamentum flavum แม้ว่าแบบหลังนี้ จะได้สัญญาณที่อ่อนกว่าก็ตาม สมมุติฐานในปัจจุบันเชื่อว่าทางเดินประสาทที่ก่อให้เกิดคลื่นดังกล่าวนี้ ติดต่อกับ alpha motor neurons แบบสัมผัสเดียว (monosynaptic) และทั้งคลื่น D และ I นี้ จะให้ excitatory post-synaptic potentials ต่อ alpha motor neurons ในที่สุด สำหรับการกระตุ้นด้วยพลังแม่เหล็ก เราพบว่า motor cortex จะถูกกระตุ้นได้ดีถ้าวางขดแม่เหล็ก (stimulator coil) ในทิศทางให้เกิดการไหลเวียนไฟฟ้าจากหลังไปหน้า และโดยทั่วไปสมองซีกซ้ายจะมีความไวต่อการกระตุ้นมากกว่าสมองซีกขวา

ข้อดีประการหนึ่งของการกระตุ้นด้วยพลังแม่เหล็กก็คือ ความเข้มของสนามแม่เหล็ก จะไม่ถูกบั่นทอนด้วยความหนาของหนังศีรษะ หรือกะโหลก ซึ่งสนามแม่เหล็กนี้ก็เหมือนจะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าเล็กๆ บนผิว cortex ซึ่งจะกระตุ้นเซลล์ประสาท และทางเดินประสาทขาลง

### 3. เทคนิคการตรวจ

#### 3.1 การกระตุ้น (stimulation)

โดยทั่วไป นิยมใช้ขดแม่เหล็กวงกลมเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 9 ซม. ในการศึกษาระดับแขน ให้วางศูนย์กลางของขดแม่เหล็กที่ vertex สำหรับการกระตุ้น motor cortex ข้างซ้ายจะเปิดกระแสไฟฟ้าไหลเข้าขดแม่เหล็กในทิศตามเข็มนาฬิกา เพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าแบบทวนเข็มนาฬิกาที่เนื้อสมอง ในทางกลับกันถ้าจะกระตุ้น motor cortex ข้างขวา ให้เปิดไฟฟ้าเข้าขดแม่เหล็กในทิศตรงข้าม เพื่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าแบบตามเข็มนาฬิกาที่เนื้อสมอง<sup>(4,5)</sup>

#### 3.2 การตรวจบันทึก (recording)

กล้ามเนื้อเล็กของมือ (abductor digiti minimi หรือ first dorsal interossei หรือ abductor pollicis brevis) กล้ามเนื้อต้นแขน (biceps หรือ triceps brachii)

#### 3.3 การตั้งภาคขยายสัญญาณ (amplifier)

มาตรฐาน คือ ตั้ง bandpass ที่ 3 - 3,000 Hz และ sensitivity ที่ 500 - 2,000 microvolts

#### 3.4 การกำหนด threshold และขนาดของการกระตุ้น

ให้ผู้รับการตรวจ อยู่ในท่าที่ผ่อนคลายที่สุด โดยเฉพาะ ที่บริเวณกลุ่มกล้ามเนื้อเป้าหมาย จากนั้น เริ่มให้การกระตุ้นจากขนาดน้อยไปมากโดยเพิ่มครั้งละ 5% จนได้การตอบสนองที่ threshold

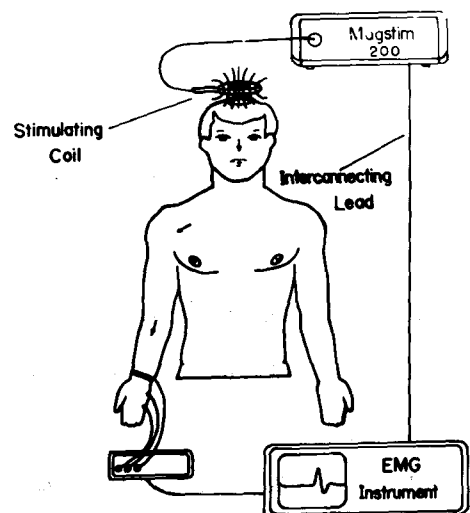
Threshold คือ ขนาดของการกระตุ้นที่ก่อให้เกิด CMAP (compound muscle action potential) ที่ตรวจบันทึกได้เป็นครั้งแรกนั่นเอง หลังจากนั้นก็เริ่มทำการตรวจตามที่ต้องการ โดยเพิ่มความแรงของการกระตุ้นเหนือ threshold ตามสมควร เช่นระหว่าง 15% - 30% ซึ่งด้วยขนาดการกระตุ้นในระดับนี้ จะไม่ทำให้ latency ของคลื่นที่ได้สั้นลง แม้จะเพิ่มความแรงของการกระตุ้นให้สูงขึ้นอีก แต่ amplitude ของ คลื่นอาจเพิ่มขึ้นต่อไปได้บ้าง ในการตรวจมาตรฐานนั้น ให้

ตรวจแขนทีละข้างแยกกัน โดยกระตุ้นด้วยขนาดการกระตุ้นที่ต้องการ (เช่น 25% เหนือ threshold) จำนวน 3 ครั้งแล้วนำคลื่นที่ได้ทั้ง 3 มาซ้อนกันเพื่อการอ่านผล ถ้าคลื่นทั้ง 3 แตกต่างกันมาก ให้สงสัยว่าอาจเกิดจากการผ่อนคลายกล้ามเนื้อที่ไม่ดีพอ อาจต้องตรวจซ้ำ

#### 3.5 การกระตุ้นที่คอ

นอกจากการกระตุ้นที่ศีรษะ เรายังสามารถทำการกระตุ้นที่ต้นคอ แล้วตรวจบันทึกคลื่น ที่เกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อแขนหรือขา เพื่อประเมินบูรณาการของทางเดินประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวในส่วนที่เกี่ยวข้องได้ ในการตรวจให้ใช้ขดแม่เหล็กขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 ซม. ความแรงสนาม 1.5 tesla สำหรับตำแหน่งการกระตุ้น ถ้าต้องการตรวจจับคลื่นปฏิกิริยา ที่กล้ามเนื้อ abductor digiti minimi ก็ให้วางศูนย์กลางของขดแม่เหล็กบน C5 ถ้าต้องการตรวจที่กล้ามเนื้อ biceps brachii ให้วางที่ C3 และสำหรับกล้ามเนื้อ triceps brachii ก็ให้วางที่ C4 เป็นต้น

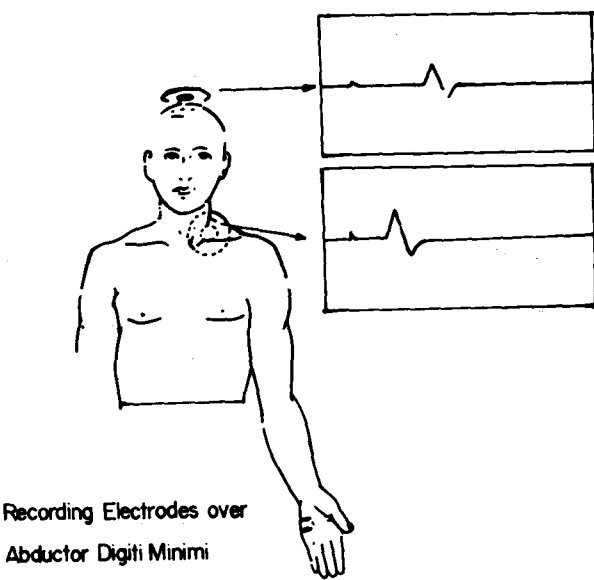
สำหรับขนาดการกระตุ้นที่เหมาะสมที่คอนั้น ยังไม่มีหลักเกณฑ์มาตรฐานในปัจจุบันแต่เพื่อความสะดวก เราอาจจะใช้ความแรง 100% ของสนาม 1.5 tesla ก็ได้



รูปที่ 1. แสดงการใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นที่ศีรษะ แล้วบันทึก CMAP ที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อมือ

#### 4. การอ่านวิเคราะห์ผล

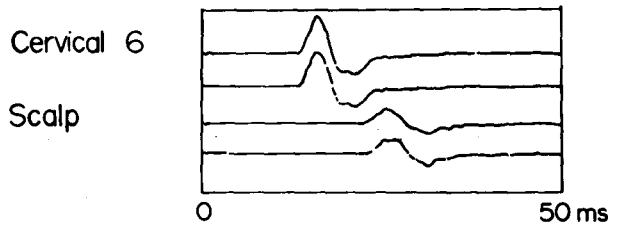
ในการวิเคราะห์ผล นิยมทำโดยการวัดค่า amplitudes และ latencies ของ CMAP ที่เกิดจากการกระตุ้นที่ cortex หรือ ต้นคอ ร่วมกับการหาค่า central motor conduction time สำหรับสองค่าแรกนั้น ทำในลักษณะเดียวกับที่ใช้ในการตรวจ nerve conduction study ทั่วไป



Latency นิยมวัดที่จุดแรกของการหันเหจากเส้นราบ (baseline) เรียกว่า onset latency

Amplitude นิยมวัดจากเส้นราบถึงจุดสูงสุดของคลื่นตอบสนอง (baseline to peak)

Central motor conduction time (CMCT) หรือเวลาการชักนำประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนกลาง ได้จากการคำนวณโดยหักค่า latency จากการกระตุ้นที่คอออกจากค่า latency จากการกระตุ้นที่ศีรษะ



รูปที่ 2. แสดง CMAP ที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้อมือ หลังจากใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้าการกระตุ้นที่ศีรษะ และต้นคอระดับ 6

#### 5. ปัจจัยการเบี่ยงเบนปกติของผลการตรวจ

##### 5.1 ความแรงของการกระตุ้น (stimulus intensity)

Hess และคณะ พบว่า ในการกระตุ้นที่ศีรษะ ขนาด หรือ amplitude ของ CMAP ที่วัดได้จะแปรผันโดยตรงกับความแรงของการกระตุ้น โดยไม่มีการตอบสนองสูงสุด (supramaximal response)<sup>(6)</sup> โดยทั่วไป

เราจะพบว่าพื้นที่ใต้คลื่นสัญญาณจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยความสูงจากเส้นราบถึงจุดสูงสุดของคลื่นหรือ amplitude นั้นจะค่อนข้างคงที่ซึ่งน่าจะแสดงว่ามี multiple firing ของ motor units เมื่อเพิ่มความแรงของการกระตุ้น สำหรับ latency นั้นจะคงที่ โดยไม่ได้รับผลกระทบจากการเพิ่มของความแรงของการกระตุ้นแต่อย่างใด

### 5.2 ตำแหน่งของการกระตุ้น

โดยทั่วไปเราจะพบว่า latency มักไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนตำแหน่งของการกระตุ้นบนศีรษะหรือต้นคอ แต่ amplitude จะแตกต่างกันได้มากกว่า

### 5.3 Facilitation

การสั่งการกล้ามเนื้อมัดที่เกี่ยวข้องกับการตรวจอย่างจริงจังของผู้รับการตรวจในระหว่างการกระตุ้นจะมีผลเพิ่ม amplitude ของ CMAP ได้มากเป็นเท่าตัว แต่ในขณะที่เดียวกัน จะลดค่า latency ลงได้ 1-3 msec เราเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า facilitation นั้นเอง<sup>(7)</sup>

### 5.4 ทิศทางของกระแสไหลเวียน (direction of current flow)

ในการศึกษาคนปกติ 10 ราย Helmers และคณะพบว่า cerebral cortex ข้างซ้ายและขวา จะตอบสนองต่อการกระตุ้นที่ให้กระแสไฟฟ้าไหลเวียนบนเนื้อสมองในทิศทางที่ต่างกัน กล่าวคือ กระแสไหลตามเข็มนาฬิกาจะกระตุ้นสมองซีกขวาได้ดี ในขณะที่กระแสทวนเข็มนาฬิกาจะเหมาะสำหรับการกระตุ้นสมองซีกซ้าย<sup>(8)</sup> นอกจากนี้ยังพบว่าสมองข้างซ้ายมักจะมี threshold ของการกระตุ้นต่ำกว่าสมองข้างขวาย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย

### 6. ค่าปกติ (normal values)

ตารางที่ 1. แสดงค่าปกติที่ได้จากใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้ากระตุ้นที่ศีรษะและต้นคอโดยวิธีของ Ingram และคณะ

Measurement	Mean $\pm$ SD (msec)	Normal limit (msec)
<b>Biceps brachii</b>		
Latency from the cortex	11.6 $\pm$ 1.17	13.9
Latency from the C5-C6	5.3 $\pm$ 0.42	6.1
CMCT	6.3 $\pm$ 1.08	8.5
Right-left difference	0.5 $\pm$ 0.34	1.2
<b>Abductor pollicis brevis</b>		
Latency from the cortex	20.6 $\pm$ 1.21	23.0
Latency from the C5-C6	13.6 $\pm$ 0.96	14.9
CMCT	7.6 $\pm$ 0.79	9.2
Right-left difference	0.45 $\pm$ 0.44	1.3
<b>Anterior tibialis</b>		
Latency from the cortex	27.4 $\pm$ 1.56	30.5
Latency from the C5-C6	12.3 $\pm$ 1.20	14.7
CMCT	15.0 $\pm$ 1.53	18.1
Right-left difference	0.44 $\pm$ 0.30	1.0

### 7. ความปลอดภัยและข้อห้ามใช้

จากประสบการณ์และการศึกษาในอดีตที่ผ่านมา ยังไม่มีหลักฐานที่ทำให้เชื่อได้ว่าการกระตุ้นทางเดินประสาทส่วนกลางด้วยพลังแม่เหล็กตามเทคนิคที่บรรยาย

มานั้น จะก่อให้เกิดอันตรายหรือผลแทรกซ้อนใดๆ การศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นประจุไฟฟ้าและผลทางความร้อนที่เกิดแก่เนื้อเยื่อบริเวณกระตุ้นรวมทั้งการตรวจคลื่นสมอง ระดับฮอริโมนโปรแลคติน

และผลกระทบต้อสติปัญญาล้วนแสดงว่ามีความปลอดภัยทั้งสิ้น นอกจากนี้การตรวจผู้ป่วยที่มีปัญหาหลอดเลือดสมองอุดตันเฉียบพลัน หรือแม้แต่ผู้ป่วยโรคลมชัก ก็ไม่พบว่าจะกระตุ้นให้เกิดการชักหรือผลอันไม่พึงประสงค์ที่น่าเป็นห่วงใดๆ อย่างไรก็ตามมีรายงานว่าการตรวจโดยใช้ความถี่การกระตุ้นสูงๆ ในคนปกติซึ่งไม่ใช่เทคนิคที่ใช้กันในปัจจุบัน อาจทำให้เกิดการชักได้โดยสรุป ถือว่าการกระตุ้นด้วยพลังแม่เหล็กความแรงและความถี่ต่ำอันเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปนั้น มีความปลอดภัยสูงเพียงพอที่จะนำมาใช้ในเวชปฏิบัติ<sup>(9)</sup>

สำหรับข้อห้ามใช้นั้น เนื่องจากพลังแม่เหล็กอาจเหนี่ยวนำวัตถุที่มีส่วนผสมของเหล็ก หรือมีผลรบกวนการทำงานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ ฉะนั้น เราจึงไม่ใช้การตรวจนี้ในผู้ป่วย หรือใกล้ผู้ป่วยที่ใส่ pacemaker หรือเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์แบบฝังในตัวรวมทั้งผู้ที่มีส่วนโลหะในร่างกายด้วย นอกจากนี้ ก็ยังไม่แนะนำให้ใช้การตรวจนี้ในผู้ป่วยที่มีความดันในช่องกะโหลกสูง (increased intracranial pressure) ผู้ป่วยที่มีประวัติโรคกลุ่มลมชัก และห้องปฏิบัติการบางแห่งยังอาจมีนโยบายไม่ใช้การตรวจนี้ในเด็กหรือหญิงตั้งครรภ์ด้วย

สำหรับผู้ทำการตรวจเอง ก็ควรระวังความเสียหายที่อาจเกิดกับเครื่องใช้อิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ใกล้เครื่องตรวจ อันได้แก่ นาฬิกา แผ่นความจำคอมพิวเตอร์ บัตรแถบแม่เหล็กชนิดต่างๆ เป็นต้น

## 8. การประยุกต์ในเวชปฏิบัติ

### 8.1 ระบบประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนกลาง

ประโยชน์ที่สำคัญชัดเจนของการตรวจด้วย magnetic stimulation ก็คือการวัดเวลาการชักนำประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนกลางหรือ central motor conduction time (CMCT) อันเป็นค่าทางประสาทสรีรวิทยาที่เราไม่สามารถตรวจได้มาก่อน จาก

การตรวจ CMCT ของผู้ป่วยที่มีพยาธิสภาพในระบบประสาทส่วนกลางหลายชนิด พบว่าสามารถพบความผิดปกติได้ในโรคต่างๆ เช่น multiple sclerosis, motor neuron disease, cervical spondylosis และกลุ่ม spinocerebellar degenerations<sup>(10)</sup> อย่างไรก็ตามก็มีความผิดปกติบางอย่างที่อาจดูไม่สอดคล้องกับอาการทางคลินิก<sup>(11)</sup> จึงยังต้องมีการศึกษาและพิสูจน์กันต่อไปว่า ความผิดปกติที่ตรวจพบเหล่านี้จะช่วยในทางวินิจฉัยและพยากรณ์โรคมาน้อยเพียงใด อย่างไรก็ตามการกระตุ้น motor cortex ด้วยพลังแม่เหล็กนี้ได้ช่วยยืนยันความรู้ทางประสาทศาสตร์พื้นฐานหลายประการ เช่น เกี่ยวกับการเกิดของ congenital mirror movements<sup>(12)</sup> และการกระจายของ cortico bulbar tract ไปยังเซลล์ประสาทก้านสมองที่ควบคุมกล้ามเนื้อใบหน้า และกล้ามเนื้อ sternocleidomastoid เป็นต้น<sup>(13,14)</sup>

### 8.2 Amyotrophic lateral sclerosis (ALS)

การศึกษาโดยใช้ magnetic stimulation ในผู้ป่วย ALS ครั้งแรกทำโดย Barker และคณะ แต่ไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติใดๆ<sup>(15)</sup> ต่อมากลับมีผู้พบความผิดปกติได้สูง<sup>(16,17)</sup> โดยคลื่นที่ตรวจได้มักมี amplitude ต่ำ แม้จะคิดชดเชยการสูญเสียใยประสาทส่วนปลายจากโรคบ้างแล้วก็ตาม และในผู้ป่วยจำนวนไม่น้อยเราอาจไม่สามารถกระตุ้นให้เกิด CMAP ด้วยซ้ำ Eisen และคณะ ตั้งข้อสังเกตว่าในผู้ป่วย ALS ที่มี pseudobulbar palsy ร่วมด้วยนั้น เรายังมีโอกาสตรวจไม่พบคลื่นปฏิกิริยาใดๆ จากการกระตุ้นสมองได้บ่อยยิ่งขึ้น และในขณะเดียวกันค่า CMCT ก็อาจผิดปกติด้วยแม้จะไม่มากมายเท่าที่พบในผู้ป่วย multiple sclerosis ก็ตาม<sup>(17)</sup> สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการตรวจผู้ป่วย ALS ก็คือควรสู่มตัวอย่างกล้ามเนื้อให้มากพอ เช่น ถ้าเป็นการตรวจในกล้ามเนื้อแขนหากทำการตรวจที่กล้ามเนื้อมือแต่เพียงอย่างเดียว ก็อาจให้ผล false negative ได้ถึงร่วม 25% เลยทีเดียว<sup>(17)</sup> เนื่องจาก ALS

มีรอยโรคทั้งที่ upper motor และ lower motor neurons ค่า absolute latency ของ CMAP จึงมีประโยชน์พอๆ กับ CMCT ในการตรวจวินิจฉัย

### 8.3 โรคหลอดเลือดสมอง (cerebrovascular disease)

ในการตรวจผู้ป่วยโรคหลอดเลือดสมองต่างๆ เราอาจพบการเปลี่ยนแปลงของการนำประสาทควบคุม การเคลื่อนไหวส่วนกลางได้ทุกรูปแบบ นับตั้งแต่อยู่ในเกณฑ์ปกติไปจนถึง ไม่มีการตอบสนองใดๆ เลย แต่โดยทั่วไป ในช่วงสองสามวันแรกของ cerebral infarction เรามักตรวจไม่พบปฏิกิริยาใดจากการกระตุ้น หรือถ้าจะมีก็เป็นคลื่นที่มี amplitude ต่ำๆ โดย latency ไม่ช้ามากนักซึ่งก็เป็นลักษณะของภาวะที่มีการเสียเซลล์ประสาทมากกว่าใยประสาทนั่นเอง ที่สำคัญก็คือมีการศึกษาจากบางกลุ่มพบว่า การตรวจด้วยคลื่นแม่เหล็กนี้ อาจมีประโยชน์มาก ในการพยากรณ์โรคในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการกลับคืนของระบบการเคลื่อนไหว (motor recovery)<sup>(18,19)</sup> โดยสรุป การกลับคืนของปฏิกิริยาต่อการกระตุ้นซึ่งแสดงถึงการฟื้นตัวของระบบการเคลื่อนไหว มีความสอดคล้องเป็นอย่างดีกับการตรวจพบทางคลินิก เช่น จากการศึกษาของ Kandler ค่า amplitude ของคลื่นจากการกระตุ้นที่สมองในวันที่ 4 ของโรคมีความสอดคล้องอย่างดีกับโอกาสการฟื้นตัวใน 28 วันแรกหลังเกิดเหตุ

### 8.4 Cervical myelopathy

Jaskolski และคณะ เป็นผู้บุกเบิกนำเทคนิคการกระตุ้นด้วยแม่เหล็กมาใช้ในการประเมินผู้ป่วยที่มีอาการ cervical myelopathy จากการเสื่อมของกระดูกต้นคอ พบว่าค่า CMCT ที่ยาวกว่าปกติสามารถบ่งชี้ภาวะ myelopathy ได้ดีพอควร<sup>(20)</sup> ที่น่าแปลกใจก็คือ ในผู้ป่วยที่มีอาการ radiculopathy โดยไม่มี myelopathy มักให้ผลการตรวจค่อนข้างปกติ ในปัจจุบันจึงมีคณะวิจัยหลายกลุ่มพยายามปรับเปลี่ยนวิธีการกระตุ้น ทั้งที่

สมองและที่ไขสันหลัง เพื่อหวังจะสามารถนำ magnetic stimulation มาใช้ในการประเมินภาวะ radiculopathy ตลอดจนรอยโรคในระบบประสาทส่วนปลายอื่นๆ ที่พบได้บ่อยในทางเวชปฏิบัติ

### 8.5 การติดตามประเมินบูรณภาพของทางเดินประสาทการเคลื่อนไหวระหว่างผ่าตัด (Intra-operative monitoring of motor pathways)

ในปัจจุบัน เทคนิคทางประสาทสรีรวิทยาดังกล่าวหลายชนิดไม่ว่าจะเป็น somatosensory evoked potentials (SEPs) หรือ auditory brain stem responses (ABRs) ต่างได้รับการยอมรับว่า มีประโยชน์อย่างยิ่งในการประเมินบูรณภาพของเนื้อเยื่อประสาทในระหว่างผ่าตัด แต่เทคนิคเหล่านี้ล้วนเป็นการตรวจทางเดินประสาทรับความรู้สึก ในขณะที่เนื้อเยื่อประสาทที่ควบคุมการเคลื่อนไหวเป็นส่วนที่จะทำให้เกิดความพิการได้มาก การกระตุ้น motor cortex ด้วยพลังแม่เหล็กผ่านหนังศีรษะ จึงเป็นเทคนิคที่ถูกคาดหวังไว้ว่าจะมีศักยภาพสูงในการประยุกต์ทาง intraoperative monitoring เพื่อลดจุดบอดของการตรวจเดิม<sup>(21,22)</sup> ซึ่งข้อดีของเทคนิคนี้เหนือการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าโดยตรงก็คือ ไม่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดและสามารถกระตุ้นผ่านผิวหนังได้ สำหรับสิ่งจำเป็นในการใช้เทคนิคนี้ก็คือ จะต้องไม่มีฤทธิ์ของยาคลายกล้ามเนื้อในช่วงที่จะทำการประเมินอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามการตรวจด้วยพลังแม่เหล็กก็ยังมีข้อหลุมลึกอยู่บ้าง เช่น ขดแม่เหล็กที่ใช้ในการกระตุ้นมักมีขนาดใหญ่ จึงอาจไม่สะดวกในการวางใกล้กับบริเวณของการผ่าตัด เป็นต้น

### 8.6 Multiple sclerosis

เนื่องจากพยาธิสภาพหลักของโรคนี้คือการสูญเสีย myelin ของใยประสาทยังผลให้การนำประสาทเสื่อมถอยลง การตรวจทางประสาทสรีรวิทยาซึ่งสามารถสุ่มตรวจการทำงานของทางเดินประสาทต่างๆ จึงมีประโยชน์ในการตรวจจับผู้ป่วยระยะแรกหรือช่วย



ยืนยันการวินิจฉัยได้ดี และที่แล้วมาเทคนิค multimodal sensory evoked potentials ก็เป็นที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลายสำหรับโรคกลุ่มนี้ เมื่อเราสามารถตรวจทางเดินประสาทส่วนควบคุมการเคลื่อนไหวด้วย magnetic stimulation จึงมีผู้ลองนำมาใช้เสริมวิธีมาตรฐานอื่นๆ ในการตรวจผู้ป่วยที่สงสัยจะเป็น multiple sclerosis กันมากพอควร เช่น Barker และคณะพบว่า CMCT จากการตรวจทั้งที่กล้ามเนื้อแขนและขา จะยาวกว่าปกติในผู้ป่วย multiple sclerosis ซึ่งความผิดปกตินี้สัมพันธ์อย่างชัดเจนกับอาการทางคลินิก<sup>(22)</sup> นอกจากนี้ Hess และคณะยังรายงานว่าอาจตรวจพบความผิดปกติของ CMCT ในผู้ป่วยที่ยังไม่มีอาการแสดงใดๆ ได้ถึงกว่า 20%<sup>(23)</sup> ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่จึงเชื่อว่าเป็นการประเมินในระบบการเคลื่อนไหวนั้น น่าจะมีความไวและความจำเพาะสำหรับการประยุกต์ใช้ในผู้ป่วย multiple sclerosis ได้ดีเช่นเดียวกับการตรวจทาง sensory evoked potentials ด้วย

### 8.7 Degenerative ataxic disorders

การศึกษาการนำประสาทการเคลื่อนไหวส่วนกลางนั้นมีประโยชน์ในการจำแนกโรคกลุ่ม hereditary ataxias เช่น ในโรค Friedreich's ataxia การนำประสาทดังกล่าวตามที่ตรวจได้ที่แขนจะผิดปกติเสมอคือ สัญญาณจะช้าปานกลาง และ amplitude จะต่ำ ในขณะที่ early onset cerebellar ataxia (EOCA) นั้นจะพบความผิดปกติได้น้อยกว่า และกว่า 30% ของผู้ป่วยที่ศึกษาอาจไม่พบความผิดปกติเลยด้วยซ้ำ<sup>(24)</sup> และนี่อาจบ่งชี้ว่า Friedreich's ataxia มีพยาธิสภาพใน corticospinal tract มากกว่า EOCA เป็นต้น

## 9. บทสรุป

การกระตุ้น motor cortex และ/หรือ ไขสันหลังด้วยพลังแม่เหล็กจึงถือได้ว่าเป็นเทคนิคการตรวจ

ทางประสาทสรีรวิทยาคลินิกที่ทำได้ง่าย สะดวก และยอมรับได้ดีจากผู้ป่วย การตรวจดังกล่าวมีประโยชน์ที่สามารถแสดงความผิดปกติของการทำงานของระบบทางเดินประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวส่วนกลาง (central motor pathway) ได้โดยตรง อีกทั้งยังมีศักยภาพที่จะนำมาใช้ประเมินบูรณาภาพของทางเดินประสาทการเคลื่อนไหวส่วนปลาย (peripheral motor pathway) ได้อีกด้วย โดยทั่วไป การพบ CMCT ช้ากว่าปกติจะชี้ถึงสภาวะ demyelination ของทางเดินประสาทการเคลื่อนไหว ในขณะที่การพบคลื่นปฏิกริยาขนาดเล็กลงหรือหายไปทั้งหมด จะบ่งบอกถึงภาวะการสูญเสียเซลล์ประสาท หรือใยประสาทควบคุมการเคลื่อนไหวทั้งในระดับสมองหรือไขสันหลัง นอกจากนี้ magnetic stimulation นี้ ยังเป็นเทคนิคใหม่ที่อาจนำมาใช้ศึกษาประสาทสรีรวิทยาของ cerebral cortex ในมนุษย์จริงๆ ได้อีกด้วย

## อ้างอิง

1. Merton PA, Morton HB. Stimulation of the cerebral cortex in the intact human subject. *Nature* 1980 May 22; 285(5762) : 227
2. Barker AT, Jalinous R, Freeston IL. Non-invasive magnetic stimulation of human motor cortex. *Lancet* 1985 May 11; 1(8437) : 1101-7
3. Chiappa KH. Transcranial motor evoked potentials. *Electromyography Clin Neurophysiol* 1994 Jan-Feb; 34(1) :15-2
4. Amassian VE, Stewart M, Quirks GJ, Rosenthal JL. Physiological basis of motor effects of transient stimulus to cerebral cortex. *Neurosurgery* 1987 Jan; 20(1) : 87-93
5. Hess CW, Mills KR, Murray NMF. Responses

- in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. *J Physiol* (London) 1987 Jul; 388 : 397-419
6. Day BL, Rothwell JC, Thomson PD, Dick JP, Cowan JM, Berardelli A, Marsden CD. Motor cortex stimulation in intact man. Multipledescending volleys. *Brain* 1987 Oct; 110(5): 1191-209
  7. Hess CW, Mills KR, Murray NMF. Methodological considerations for magnetic brain stimulation. In: Barber C, Blum T, eds *Evoked Potentials III. the Third International Evoked Potentials Symposium*. London: Butter-worths, 1987 : 456-61
  8. Merton PA, Morton HB, Hill DK, Marsden CD. Scope of a technique for electrical stimulation of human brain, spinal cord, and muscle. *Lancet* 1982 Sep 11; 2(8298) : 597-600
  9. Kandlor R. Safety of transcranial magnetic stimulation. *Lancet* 1990 Feb 24; 335(8687) : 469-70
  10. Helmers SL, Chaippa KH, Cros D, Gupta N, Santamaria J. Magnetic stimulation of the human motor cortex: facilitation and its relationship to a visual motor task. *J Clin Neurophysiol* 1989 Oct; 6(4) : 321-32
  11. Thompson PD, Dick JPR, Asselman P, Griffin GB, Day BL, Rothwell JC, Sheehy MP, Marsden C. Examination of the motor function in lesion of the spinal cord by stimulation of the motor cortex. *Ann Neurol* 1987 Apr; 21(4) : 389-96
  12. Mills KR. Magnetic brain stimulation: a tool to explore the action of the motor cortex on single human spinal motoneurons. *Trends Neurosci* 1991 Sep; 14(9) : 401-4
  13. Farmer SF, Ingram DA, Stephens JA. Mirror movements studied in a patient with Klippel-Feil syndrome. *J Physiol* 1990 Sep; 428 : 467-84
  14. Benecke R, Meyer BU, Schonle P, Conrad B. Transcranial magnetic stimulation of the human brain: responses in muscles supplied by cranial nerves. *Exp Brain Res* 1988; 71 : 623-32
  15. Gandevia SC, Applegate C. Activation of neck muscles from the human motor cortex. *Brain* 1988 Aug; 111(4) : 801-13
  16. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA. Clinical evaluation of conduction time measurements in central motor pathways using magnetic stimulation of human brain. *Lancet* 1986 Jun 7; 1(8493) : 1325-26
  17. Schriefer TN, Mills KR, Murray NMF, Hess CW. Evaluation of proximal facial nerve conduction by transcranial magnetic stimulation. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988 Jan; 51(1) : 60-6
  18. Eisen A, Shytbel W, Murphy K, Hoirsch M. Cortical stimulation in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 1990 Feb; 13(2) : 146-51
  19. Kandler RH, Jarratt JA, Gumpert EJW, Davies Jones GAA, Venables GS, Sagar HJ. The role of magnetic in patients with

- multiple sclerosis stimulation as a quantifier of motor disability. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1991 Nov;106(1) : 31-4
20. Berardelli A, Inghilleri M, Manfredi M, Zamponi A, Cecconi V, Dolce G. Cortical and cervical stimulation after hemisphere infarction. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987 Jul; 50(7) : 861-5
21. Jaskolski DJ, Jarratt JA, Jakubowski J. Clinical evaluation of magnetic stimulation in cervical spondylosis. *Br J Neurosurg* 1989; 3 : 541-8
22. Levy WJ Jr. Clinical experience with motor and cerebella evoked potential monitoring. *Neurosurgery* 1987 Jan; 20(1) : 169-82
23. Barker AT, Freeston IL, Jalinous R, Jarratt JA. Magnetic stimulation of the human brain and peripheral nervous system: An introduction and the result of and initial clinical evaluation. *Neurosurgery* 1987 Jan; 20(1) : 100-9
24. Hess CW, Mills KR, Murray NMF, Schrieffer TN. Magnetic brain stimulation: central motor conduction studies in multiple sclerosis. *Ann Neurol* 1987 Dec; 22(6) :744-52
25. Claus D, Harding AE, Hess CW, Mills KR, Murray NMF, Thomas PK. Central motor conduction in degeneration ataxic disorders:a magnetic stimulation study. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1988 Jun; 51(6) : 790-5