

Median to Ulnar Nerve Anastomosis at the Proximal Forearm

Arayavichanon P.
Kovindha A.

Department of Rehabilitation Medicine, Faculty of Medicine, Chiang Mai University, Chiang Mai 50002

Arayavichanon P, Kovindha A : Median to ulnar nerve anastomosis at the proximal forearm. J Thai Rehabil 1993;3(3): 19-24

Abstract

According to the previous reports, the incidences of the median to ulnar nerve anastomosis at the proximal forearm, so called Martin-Gruber Anastomosis (MGA), were between 15-31%. The aim of this study was to find the incidence of MGA by dissection of cadavers and by motor nerve conduction study. Regarding the result from the dissection, 8 out of 112 forearms (7%) or 4 out of 56 cadavers (7%) had MGA, 3 from the main median nerve and 5 from the anterior interosseous branch. All occurred bilaterally. There was no recurrent branch from the ulnar nerve innervating the thenar muscles seen at the wrist level. When using the conventional technique to study the motor nerve conduction of the median and the ulnar nerves, none of the

normal subjects, 65 forearms, had the electrodiagnostic evidences of MGA. It suggested us that this method is not sensitive to reveal the presence of MGA if the branches from MGA innervate muscle other than thenar and hypothenar, that is the first dorsal interosseous muscle. Besides, if there is MGA, a presence of the abnormal compound muscle action potentials (CMAPs) should not be misinterpreted as neuropathy. On the contrary, it should be kept in mind that technical errors can also produce electrodiagnostic findings similar to those with MGA.

Keywords: Martin-Gruber anastomosis, median to ulnar nerve anastomosis, anatomy, electrodiagnostic study.

บทคัดย่อ

จากรายงานของต่างประเทศที่เคยปรากฏ พบว่ามีอุบัติการณ์ของการแยกแขนงของเส้นประสาท median ไปยังเส้นประสาท ulnar หรือ ที่เรียกกันว่า Martin-Gruber Anastomosis (MGA) ประมาณ 15-31% และเมื่อตรวจดูการชักนำของกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาททั้ง 2 อาจพบลักษณะที่ผิดปกติทางไฟฟ้าที่ทำให้เกิดการเข้าใจผิด คิดว่าเป็นโรคของเส้นประสาท การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งค้นหาอุบัติการณ์ของ MGA ในคนไทยภาคเหนือโดยอาศัยการชำแหละแขนของศพตองและการศึกษาการชักนำของกระแสไฟฟ้าในคนปกติด้วยวิธีที่นิยมทั่วไป ผลการศึกษาแขนของร่างชำแหละพบว่า มีการเชื่อมของเส้นประสาทดังกล่าว 7% (8 แขนจาก 112 แขน หรือ 4 จาก 56 ราย) เป็นการพบแบบทั้ง 2 ข้างทั้งหมด แขนงที่เชื่อมนี้แยกออกจากเส้นประสาท median โดยตรงมีจำนวน 3 แขน ที่แยกจากเส้นประสาท anterior interosseous มีจำนวน 5 แขน และไม่พบว่ามีแขนงที่แยกออกจากเส้นประสาท ulnar ตรงบริเวณข้อมือออกกลับมามีกล้ามเนื้อเนื้อ thenar ส่วนผลการศึกษาการชักนำกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาท median และ ulnar ในแขนของคนปกติจำนวน 65 แขนนั้น ไม่พบลักษณะความผิดปกติทางไฟฟ้าที่บ่งชี้ว่ามี MGA แสดงว่า วิธีการตรวจทางไฟฟ้าด้วยวิธีที่นิยมทั่วไปไม่สามารถยืนยันการมี MGA ได้ในบางกรณี เช่นที่เคยมีรายงานว่า โยประสาทใน MGA ส่วนใหญ่เป็นโยประสาทที่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ 1st dorsal interosseous ไม่ใช่กล้ามเนื้อเนื้อ thenar หรือ hypothenar ในทางตรงกันข้าม ถ้าพบลักษณะทางไฟฟ้าที่บ่งชี้ว่าน่าจะมี MGA เราควรที่จะต้องตรวจดูว่า ลักษณะความผิดปกติทางไฟฟ้าที่พบไม่ได้เกิดจากเทคนิคการทำที่ไม่ถูกต้อง

บทนำ

ในปีค.ศ. 1763 Martin ได้ศึกษาแขนของช่างทำแหและพบว่า มีการแยกแขนงของเส้นประสาท median ที่บริเวณปลายแขน มาเชื่อมกับเส้นประสาท ulnar ต่อมาในปี ค.ศ. 1870 Gruber ก็ได้รายงานลักษณะดังกล่าวเช่นกัน ซึ่งในภายหลังได้มีการเรียกลักษณะดังกล่าวว่า Martin-Gruber Anastomosis (MGA) เพื่อเป็นเกียรติแก่บุคคลทั้งสอง Strieb ได้กล่าวถึงอุบัติการณ์ของ MGA จากการศึกษาร่างข่าและของ Gruber ซึ่งพบประมาณ 15% ของแขนที่ถูกข่าและ หรือ 22% ของศพดอง⁽¹⁾ และในระยะหลังมีการตรวจทางไฟฟ้าเพื่อดูการชักนำของกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาทพบว่า มีลักษณะทางไฟฟ้าที่บ่งชี้เฉพาะว่ามี MGA แต่ที่น่าสังเกตว่าอุบัติการณ์ที่ได้จากการตรวจทางไฟฟ้าสูงกว่าเมื่อตรวจด้วยการข่าและคือพบประมาณ 20-31% พบทั้ง 2 ข้าง 68%^(2,3) และยังมีรายงานที่บ่งชี้ว่า MGA นี้เป็นลักษณะที่ถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรมแบบ autosomal dominant trait⁽⁴⁾

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้นจึงเป็นเหตุจูงใจให้ทำการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อดูว่า อุบัติการณ์ของ MGA ในคนไทยที่อาศัยอยู่ในภาคเหนือนี้มีมากน้อยเพียงใด และต่างกันเพียงใดระหว่างผลที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีการข่าและและการตรวจทางไฟฟ้า นอกจากนี้ก็เพื่อดูข้อบกพร่องหรือข้อด้อยของแต่ละวิธีด้วย

วิธีการศึกษา

กลุ่มประชากร

แบ่งกลุ่มประชากรที่ศึกษาเป็น 2 กลุ่ม คือ

- ศพดองที่ใช้ในการศึกษามหาวิทยาลัยของนักศึกษาที่ภาควิชากายวิภาคศาสตร์ จำนวน 59 ร่าง หรือ 118 แขน
- คนปกติที่อาศัยอยู่ในภาคเหนือ ที่ไม่มีประวัติว่าเป็นโรคของระบบประสาท เพื่อมารับการตรวจการชักนำของกระแสไฟฟ้าของเส้นประสาท จำนวน 65 แขน จาก 48 คน

วิธีการ

1. ศึกษาด้วยการข่าและปลายแขนและมือของศพดอง ค้นหาและชี้แสดงเส้นประสาท median, ulnar และแขนงต่าง ๆ ของเส้นประสาทดังกล่าวที่พบในบริเวณปลายแขน และฝ่ามือ

2. ศึกษาทางไฟฟ้าเพื่อดูการชักนำของกระแสไฟฟ้าของใยประสาทสั่งการ (Motor Nerve Conduction Study) (MNCS) ของเส้นประสาท median และ ulnar ด้วยวิธีที่นิยมทั่วไปโดย

- ใช้เครื่อง Disa Neuromatic 2000C ในการตรวจทางไฟฟ้า ตั้ง sweep speed ที่ 2 ms/D, upper filter 2 KHz และ lower filter 20 Hz, ส่วนไฟที่ใช้กระตุ้นเป็นชนิด square wave ที่มีความกว้างของคลื่น 0.2 ms

- ใช้ surface electrodes บันทึกการตอบสนองต่อการกระตุ้นที่กล้ามเนื้อ thenar เมื่อกระตุ้นที่เส้นประสาท median และที่กล้ามเนื้อ hypothenar เมื่อกระตุ้นที่เส้นประสาท ulnar

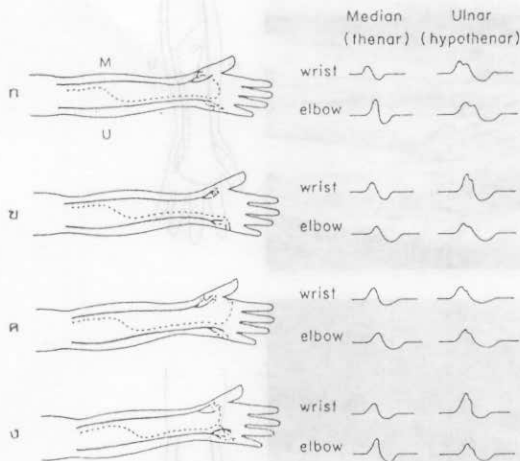
- กระตุ้นเส้นประสาทดังกล่าวที่บริเวณเหนือข้อมือ ห่างจากจุดรับ 8 ซม. และที่บริเวณหน้าศอกสำหรับเส้นประสาท median และที่บริเวณหลังศอกด้านในสำหรับเส้นประสาท ulnar การกระตุ้นนี้จะต้องใช้กระแสไฟที่ทำให้เกิด maximal response นั่นคือให้มี supramaximal stimulation

- บันทึกและสังเกตลักษณะของ compound muscle action potentials (CMAPs) ที่เกิดขึ้นในการกระตุ้นแต่ละครั้ง วัด distal latency, amplitude (วัดจาก-baseline ถึง peak) และ duration ของ CMAPs ดังกล่าวและนำมาคำนวณหาความเร็วของการชักนำของไฟฟ้าของใยประสาทสั่งการ (MNCS)

- สังเกตดูลักษณะของ CMAPs ที่ได้ว่ามีลักษณะที่บ่งชี้ว่าเส้นประสาทมีการเชื่อมแบบ MGA หรือไม่ ลักษณะดังกล่าวได้แก่⁽⁵⁻⁷⁾

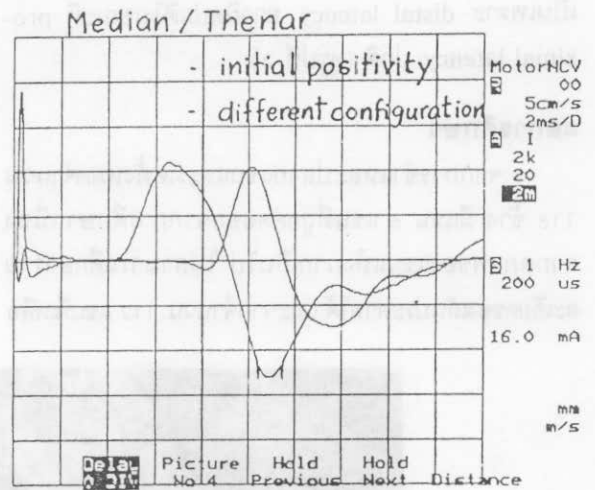
1. ขนาด (amplitude) ของ proximal CMAP โดกว่าของ distal CMAP ไม่น้อยกว่า 1 mV เมื่อกระตุ้นที่เส้นประสาท median ถัดแขนงของ MGA วกไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ thenar หรือเมื่อกระตุ้นเส้นประสาท ulnar ขนาดของ distal CMAP จะโดกว่าของ proximal CMAP ไม่น้อยกว่า 1 mV ถัดแขนงจากเส้นประสาท median มาเลี้ยงที่กล้ามเนื้อ hypothenar ในลักษณะนี้ถ้าผู้ตรวจไม่คำนึงถึง MGA อาจให้การวินิจฉัยผิด คิดว่ามี ulnar neuropathy⁽³⁾ แต่ถัดแขนงดังกล่าวกไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้ออื่นเช่น 1st dorsal interosseus, CMAPs ที่ได้จากการกระตุ้นทั้ง 2 ตำแหน่งจะไม่แตกต่างกัน (ดูรูปที่ 1)

2. รูปร่างของ CMAPs ที่ได้จากการกระตุ้นทั้ง 2 ตำแหน่งของเส้นประสาท median นั้นแตกต่างกัน เช่น proximal CMAP มี initial positive deflection ในขณะที่

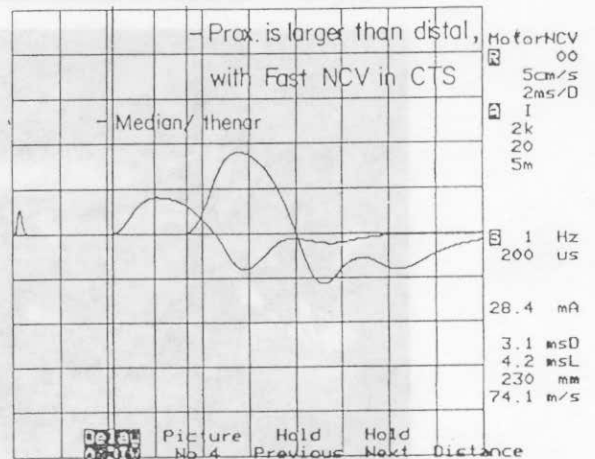


รูปที่ 1. แสดงลักษณะทางไฟฟ้าที่ได้จากการกระตุ้นเส้นประสาทในรายที่มีการเชื่อมของแขนงของเส้นประสาท median มาถึงเส้นประสาท ulnar ที่บริเวณปลายแขน และแสดงใยประสาทที่แยกแขนงนี้ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อภายในมือ ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ ได้แก่ ก. เลี้ยงกล้ามเนื้อ thenar; ข. เลี้ยงกล้ามเนื้อ hypothenar; ค. เลี้ยงกล้ามเนื้อ 1st dorsal interosseus และ ง. เลี้ยงกล้ามเนื้อ thenar และ hypothenar.

ที่ distal CMAP ไม่มี ทั้งนี้เป็นเพราะ มี volume conduction จากกล้ามเนื้อใกล้เคียงที่เลี้ยงด้วยใยประสาทของ MGA (ดูรูปที่ 2)



รูปที่ 2. แสดง CMAPs ที่ได้จากการกระตุ้นเส้นประสาท median และ proximal CMAP ที่ได้มี initial positive deflection ในขณะที่ distal CMAP ไม่มีลักษณะดังกล่าว ซึ่งอาจเกิดจากการมี MGA หรือเกิดจากการกระตุ้นเส้นประสาทไม่ถูกตำแหน่ง หรือกระตุ้นด้วยกระแสไฟที่แรงเกินไป



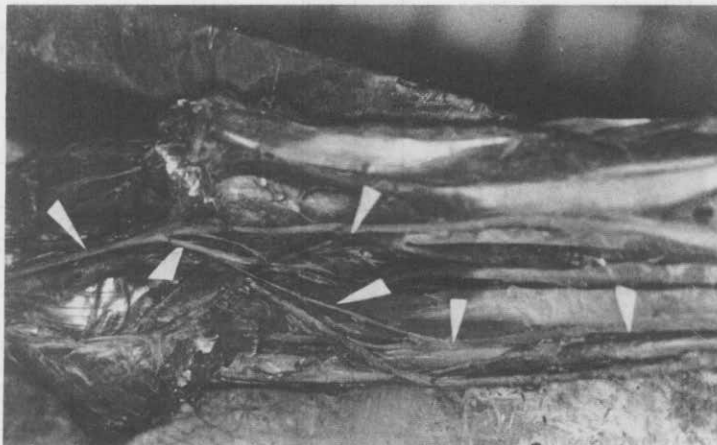
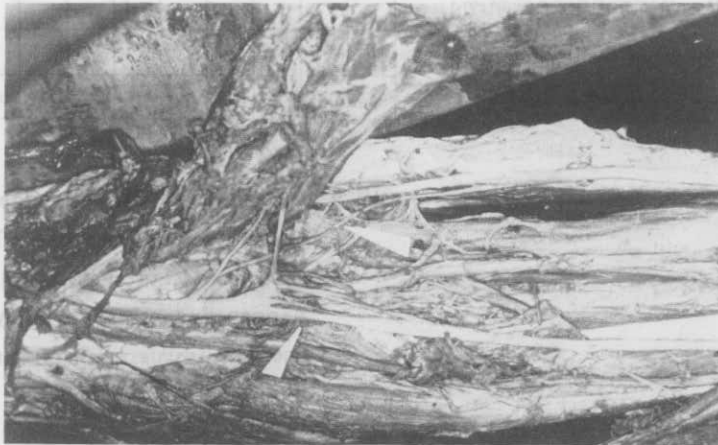
รูปที่ 3. แสดง MNCV ที่เร็วผิดปกติของเส้นประสาท median ในรายที่มี MGA และ carpal tunnel syndrome

3. การชักนำของกระแสไฟฟ้า (MNCV) ของเส้นประสาท median เร็วมืดปกติ ทั้งนี้จะเห็นความผิดปกตินี้ได้ชัดเจนในรายที่มี carpal tunnel syndrome ทั้งนี้เป็นเพราะ distal latency ยาวผิดปกติในขณะที่ proximal latency ปกติ (ดูรูปที่ 3)

ผลการศึกษา

จากการชำแหละปลายแขนและมือทั้งหมดจำนวน 118 ข้าง มีแขน 6 แขนที่ถูกคัดออกจากการศึกษา เนื่องจากสภาพของแขนแห้งมากเกินไป ไม่สามารถศึกษารายละเอียดของเส้นประสาทได้ และจากจำนวน 112 แขนที่เหลือ

พบว่า 8 แขน (7%) ที่มีการแยกแขนงของเส้นประสาท median ไปเชื่อมกับเส้นประสาท ulnar ที่บริเวณปลายแขน และเป็นการพบทั้ง 2 ข้างทั้งหมด (4 ราย หรือ 7%) การแยกแขนงดังกล่าวแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ พวกหนึ่งมีแขนงแยกออกจากเส้นประสาท median โดยตรง พบ 3 แขน และอีกพวกหนึ่งมีแขนงแยกออกจากแขนงของเส้นประสาท median ที่เรียกว่า anterior interosseous พบ 5 แขน (ดูรูปที่ 4) ส่วนการชำแหละที่บริเวณข้อมือและฝ่ามือนั้น ไม่พบว่ามีแขนงจากเส้นประสาท ulnar วกกลับมาเลี้ยงกล้ามเนื้อ thenar เลย



รูปที่ 4. แสดงการแยกแขนงของเส้นประสาท median มาเชื่อมกับเส้นประสาท ulnar ที่ได้จากการชำแหละแขนของศพดอง ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ ก. แขนงแยกจากเส้นประสาท median โดยตรง และ ข. แขนงแยกจากเส้นประสาท anterior interosseous

ส่วนผลการศึกษาทางไฟฟ้าของเส้นประสาท median และ ulnar ในกลุ่มประชากรปกติจำนวน 65 แขน นั้น ลักษณะของ CMAP ที่ปรากฏจากการกระตุ้นเส้นประสาททั้ง 2 นั้น อยู่ในเกณฑ์ปกติ ไม่พบลักษณะทางไฟฟ้าที่บ่งชี้ว่ามี MGA อย่างที่กล่าวข้างต้น

บทวิจารณ์

จากการศึกษาหาอุบัติการณ์ของ MGA ด้วยการซ้ำและแขนของศพตองครั้งนี้พบว่า มีอุบัติการณ์น้อยกว่าที่เคยมีรายงานการซ้ำและของต่างประเทศมาก⁽¹⁾ ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะจำนวนแขนที่ถูกซ้ำและมีน้อยเกินไป หรือในอีกกรณีหนึ่งเป็นเพราะลักษณะทางพันธุกรรมของคนไทยในภูมิภาคนี้ต่างจากของต่างชาติ ที่เคยมีผู้รายงานว่า MGA เป็นลักษณะเด่นที่ถ่ายทอดได้ทางพันธุกรรม⁽⁴⁾ ข้อด้อยของการซ้ำและศพตองได้แก่ สภาพของแขนและมือที่แห้งแข็ง ยากต่อการศึกษารายละเอียด และไม่สามารถแยกแยะได้ว่าใยประสาทของ MGA นั้น สุดท้ายไปเลี้ยงกล้ามเนื้อมัดไหน บอกได้แค่เพียงว่ามี MGA หรือไม่เท่านั้น

ส่วนการศึกษาทางไฟฟ้าของเส้นประสาทการทำ MNCS ด้วยวิธีที่นิยมนั้น ไม่พบลักษณะที่บ่งชี้ว่า กลุ่มประชากรดังกล่าวมี MGA แต่ก็ได้หมายความว่า ในกลุ่มคนเหล่านี้ไม่มี MGA บางรายในจำนวนนี้อาจมี MGA ชนิดที่ไม่สามารถตรวจได้ด้วยวิธีนี้ ทั้งนี้เป็นเพราะ ด้วยวิธีนี้ ลักษณะไฟฟ้าจะปกติถ้าแขนของ MGA ไปเลี้ยงที่กล้ามเนื้ออื่นที่ไม่ใช่กล้ามเนื้อ thenar หรือ hypothenar (ดูรูปที่ 1-ค) จากการศึกษาของต่างประเทศที่ศึกษาลักษณะทางไฟฟ้าเช่นกันแต่ด้วยวิธีที่ต่างออกไปพบว่า ใยประสาท MGA นั้นแยกไปเลี้ยงกล้ามเนื้อต่าง ๆ ในมือได้ 4 ลักษณะ (2,3,5) (ดูรูปที่ 1) และส่วนใหญ่ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ 1st dorsal interosseous เป็นเหตุให้การศึกษาครั้งนี้มีข้อจำกัดทำให้ในกลุ่มที่ลักษณะทางไฟฟ้าที่ปกติ อาจมีคนที่ มี MGA ประปนอยู่ด้วย จึงเป็นข้อเตือนเราว่า เมื่อทำ MNCS ของเส้นประสาท median หรือ ulnar ด้วยวิธีที่นิยมทำนี้ ถ้าได้ผลออกมาปกติ ก็มิได้หมายความว่าผู้นั้นไม่มี MGA

แต่เขาอาจมี MGA ชนิดที่ใยประสาทของมันไปเลี้ยงกล้ามเนื้อที่ไม่ใช่ thenar หรือ hypothenar และถ้าต้องการยืนยันลักษณะดังกล่าว ต้องเพิ่มการบันทึกการหดตัวของกล้ามเนื้อ 1st dorsal interosseous^(3,6) ก็จะช่วยให้ประเมินว่า ผู้นั้นมี MGA จริงหรือไม่

อีกประการหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการตรวจวินิจฉัยด้วยไฟฟ้าก็คือ ในรายที่แขนของ MGA ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ hypothenar ผลจากการตรวจทางไฟฟ้าอาจทำให้เข้าใจผิด คิดว่ามี ulnar neuropathy เพราะมีความแตกต่างของขนาดของ CMAPs เมื่อกระตุ้นที่เส้นประสาท ulnar ในขณะที่ของเส้นประสาท median ปกติ (ดูรูปที่ 1 ข, ง) ในรายเช่นนี้ ต้องกระตุ้นที่เส้นประสาท median แต่บันทึกที่กล้ามเนื้อ hypothenar ก็จะพบลักษณะทางไฟฟ้าที่ยืนยันว่า ความผิดปกติดังกล่าวเกิดจากการมี MGA ไม่ใช่ neuropathy

ข้อสังเกตอีกอย่างหนึ่งที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ คือ การศึกษาอุบัติการณ์ของ MGA นั้น ข้อมูลที่ได้จากการซ้ำและน่าจะเชื่อถือได้มากกว่าการตรวจทางไฟฟ้าซึ่งผลที่ได้ อาจเกิดจากความบกพร่องทางเทคนิค ทำให้การประเมินผลผิดพลาดและสรุปว่ามี MGA ความผิดพลาดทางเทคนิคของการทำ MNCS ที่ทำให้เกิดลักษณะดังกล่าวข้างต้น^(5,8) ได้แก่

1. เมื่อกระตุ้นเส้นประสาท median ไฟฟ้าที่ใช้กระตุ้นที่ข้อมือไม่แรงพอ เป็นเพียง submaximal stimulation จึงทำให้ distal CMAP มีขนาดเล็กกว่า proximal CMAP ที่ถูกกระตุ้นด้วยไฟฟ้าที่แรงกว่า ฉะนั้นเมื่อมีลักษณะเช่นนี้เกิดขึ้น ควรตรวจดูกระแสไฟที่ใช้กระตุ้นอีกครั้งว่าเป็น supramaximal stimulation ที่ต้องการหรือไม่

2. เมื่อกระตุ้นที่ข้อศอกแล้ววางตัวกระตุ้นผิดที่ คือ นำมาวางใกล้เส้นประสาท ulnar แทนที่จะเป็นเส้นประสาท median หรือใช้กระแสไฟกระตุ้นที่แรงเกินไปจนทำให้เส้นประสาท ulnar ถูกกระตุ้นด้วย ก็ทำให้ CMAPs ที่ได้จากการกระตุ้นที่ศอกมีรูปร่างหรือขนาดต่างจาก CMAP ที่ได้จากการกระตุ้นที่ข้อมือ (ดูรูปที่ 2) จนเข้าใจผิด

แล้วสรุปว่ามี MGA ฉะนั้นควรตรวจทานดูอีกครั้งว่า ตำแหน่งที่กระตุ้น หรือกระแสไฟที่ใช้พอเหมาะหรือมากเกินไปหรือไม่ เพื่อยืนยันลักษณะดังกล่าวที่ปรากฏ

3. การใช้ surface electrode ที่มีขนาดใหญ่ หรือ วางผิดที่ ทำให้บันทึกไฟฟ้าที่เกิดจากการหดตัวของกล้ามเนื้ออื่นที่อยู่ใกล้เคียงแต่เราไม่ต้องการได้ อาจทำให้ผลที่ได้คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ฉะนั้นถ้าสงสัย ควรเปลี่ยนตำแหน่งที่บันทึกให้ตรง motor point หรือใช้ needle electrode แทน

ถ้าเทคนิคการทำ MNCS ถูกต้อง และยังคงมีลักษณะทางไฟฟ้าที่บ่งชี้ว่ามี MGA เช่นรูปที่ 1ก. และ ง. ซึ่งใยประสาทของ MGA ไปเลี้ยงกล้ามเนื้อ thenar เพื่อยืนยันข้อสรุปดังกล่าว ให้กระตุ้นเส้นประสาท ulnar และ บันทึกการหดตัวของกล้ามเนื้อ thenar จะพบว่า มี CMAP เกิดขึ้นเมื่อกระตุ้นที่บริเวณข้อมือเท่านั้น ผลที่ได้นี้ก็เป็นข้อยืนยันว่า มี MGA จริง

กล่าวโดยสรุป อุบัติการณ์ของ MGA ที่พบจากการชำแหละในคนไทยภาคเหนือพบประมาณ 7% ของจำนวนแขน หรือ 7% ของจำนวนคน แม้ว่าการตรวจทางไฟฟ้าด้วยวิธี MNCS ที่นิยมทำโดยทั่วไปจะมีข้อจำกัดในการยืนยันว่ามี MGA ฉะนั้นก่อนสรุปว่ามี MGA หรือ ulnar neuropathy เมื่อผลจากการศึกษาทางไฟฟ้ามีที่ลักษณะชี้แนะ ควรทำการตรวจเพิ่มเติมอีกครั้ง เพื่อยืนยันว่าลักษณะทางไฟฟ้างกล่าวเป็นเพราะมี MGA และไม่ได้เกิดขึ้นจากเทคนิคการทำ MNCS ที่ไม่ถูกต้อง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหัวหน้าภาควิชากายวิภาคศาสตร์ที่ได้ อนุญาตให้ทำการเก็บข้อมูลจากการชำแหละ และขอขอบคุณ แพทย์ประจำบ้านเวชศาสตร์ฟื้นฟูทุกท่านที่ได้ร่วมแรงในการเก็บข้อมูลจากการชำแหละ

เอกสารอ้างอิง

1. Strieb EW. Ulnar-to-median nerve anastomosis in the forearm: electromyographic studies. *Neurology* 1979; 29 : 1534-7.
2. Kimura J, Murphy MJ. Electrophysiological study of anomalous innervation of intrinsic hand muscles. *Arch Neurol* 1976;33:842-844.
3. Wilbourn JA, Lambert EH. The forearm median to ulnar nerve communication: electrodiagnostic aspects. *Neurology (Minneapolis)* 1976;26:368.
4. Crutchfield CA, Gutmann L. Hereditary aspects of median-ulnar nerve communications. *J Neuro Neurosurg Psychiatry* 1980;43:53-55.
5. Steven JC. AAEE minimonograph #26 : The electrodiagnosis of carpal tunnel syndrome. *Muscle & Nerve* 1987; 10:99-113.
5. Gutmann L. Median-ulnar communications and carpal tunnel syndrome. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1977; 40:982-986.
7. Iyer V, Fenichel GM. Normal median nerve proximal latency in carpal tunnel syndrome : a clue to coexisting Matin-Gruber anastomosis. *Neurol Neurosurg Psychiatry* 1976; 39 : 449-452.
8. Gassel MM. Sources of error in motor nerve conduction studies. *Neurology* 1964;14:825-835.