

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2553; 20(3): 98-102
J Thai Rehabil Med 2010; 20(3): 98-102

การศึกษานำร่องการวินิจฉัยภาวะ Small Nerve Fiber Involvement ในผู้ป่วยที่มีอาการชามือโดยการตรวจด้วย Quantitative Sensory Testing

ชนินทร์ हरिकาร์นักดี, พ.บ., พญ.วาริ จิรวดีศัย, พ.บ., วว. เวชศาสตร์ฟื้นฟู
ภาควิชาเวชศาสตร์ฟื้นฟู คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

ABSTRACT

Pilot Study of Quantitative Sensory Testing to Detect Small Nerve Fiber Involvement in Patients with Numbness of Hands

Harikarnpukdee C, Chira-Adisai W
Rehabilitation Medicine Department, Faculty of Medicine Ramathibodi Hospital, Mahidol University

Objectives: To detect small nerve fiber involvement using quantitative sensory testing in patients with numbness of hands and normal electrodiagnostic study.

Study design: Pilot study

Setting: Electrodiagnostic room, Ramathibodi hospital.

Subjects: Patients with numbness of hands and normal electrodiagnostic study and normal persons as a control group.

Methods: Quantitative sensory testing using a Medoc TAS-II neurosensory analyzer for cold sensation threshold (CST) and warm sensation threshold (WST) was performed in the patient and the control groups Results of CST and WST from both groups were then compared.

Results: Twelve hands of the patient group (8 females) and eight subjects for the control group were recruited. The average age of the patients was 51.44 (SD 7.82) years and 37.38 (SD 10.10) years for the control group. The duration of symptoms was 5.33 (SD 4.69) months. In the patient group, medians (interquartile range) of temperature changes to reach CST and WST were 5.30 (2.60 to 8.37) and 4.40 (2.82 to 5.92) degree Celsius, and in the control group were 2.65 (1.15 to 3.40) and 1.60 (1.30 to 4.47) degree Celsius, respectively. The cold and warm sensation threshold were different significantly between the two groups ($P < 0.05$).

Corresponding to: Chanintorn Harikarnpukdee, M.D., Queen Sirikit Heart Center of the Northeast, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand.

E-mail: hsaraporn@yahoo.com

Conclusion: Quantitative sensory testing revealing higher CST and WST may imply dysfunction of small nerve fibers in patients with numbness of hands and normal electrodiagnostic study.

Key words: small nerve fiber, quantitative sensory testing, hand, numbness

J Thai Rehabil Med 2010; 20(3): 98-102

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์: เพื่อตรวจหาภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติในผู้ป่วยที่มีอาการชามือและการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ โดยการตรวจด้วย quantitative sensory testing (QST)

รูปแบบการวิจัย: การศึกษานำร่อง

สถานที่ทำการวิจัย: ห้องตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย โรงพยาบาลรามาธิบดี

กลุ่มประชากร: ผู้ป่วยที่มีอาการชาปลายมือและการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ 9 คน จำนวน 12 มือ

วิธีการศึกษา: ทำการตรวจ QST ด้วยเครื่องยี่ห้อ Medoc รุ่น TAS-II Neurosensory analyzer เพื่อตรวจ ระดับความรู้สึกเย็น (cold sensation threshold, CST) และอุ่น (warm sensation threshold, WST) ในผู้ป่วยที่มีอาการชาปลายมือและการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ และเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม

ผลการศึกษา: กลุ่มผู้ป่วย 9 คน จำนวน 12 มือ เพศหญิง 8 คน อายุเฉลี่ย 51.44 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.82) ปี ระยะเวลาที่มีอาการชาเฉลี่ย 5.33 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.69) เดือน และกลุ่มควบคุมจำนวน 8 คน อายุเฉลี่ย 37.38 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.10) ปี พบว่าในกลุ่มผู้ป่วยระดับอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจนถึง CST และ WST มีค่ากลาง (interquartile range) คือ 5.30 (2.60-8.37) และ 4.40 (2.82-5.92) องศาเซลเซียส สำหรับกลุ่มควบคุม คือ 2.65 (1.15-3.40)

และ 1.60 (1.30-4.47) องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สรุป: การตรวจ quantitative sensory testing ในกลุ่มผู้ป่วยที่มีอาการชามือและผลการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ มี CST และ WST สูงขึ้น อาจบ่งบอกว่ามีภาวะความผิดปกติของการทำงานของระบบการรับรู้สัมผัสเนื่องจากใยประสาทขนาดเล็ก

คำสำคัญ: ใยประสาทขนาดเล็ก, การตรวจปริมาณความรู้สึก, อาการชา, มือ

เวชศาสตร์ฟื้นฟูสาร 2553; 20(3): 98-102

บทนำ

Small nerve fiber involvement หรือ ภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติ เป็นความผิดปกติของใยประสาทขนาดเล็กที่มีปลอกมัยอีลินและไม่มีปลอกมัยอีลินหุ้ม อาการและอาการแสดงที่พบได้ในโรคนี้ คือ อาการชา (numbness) หรือความเจ็บปวด (pain) ซึ่งมีลักษณะปวดแสบร้อน (burning), ชู่ซ่าเหมือนเป็นเหน็บ (tingling) หรือแปลบปลีบบคล้ายเข็มตำ (shooting) ที่บริเวณปลายมือหรือปลายเท้า การตรวจร่างกายทางระบบประสาทพบความผิดปกติของความรู้สึกเจ็บ (pin prick sensation) ความรู้สึกสัมผัส (touch sensation) หรือความรู้สึกร้อนเย็น (temperature) แต่อย่างไรก็ตามผู้ป่วยบางรายอาจมีแต่อาการชา หรืออาการเจ็บปวดที่บริเวณปลายมือหรือปลายเท้าเท่านั้น โดยไม่พบความผิดปกติจากการตรวจร่างกายและการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยเนื่องจากการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยใช้ทดสอบความผิดปกติของใยประสาทขนาดใหญ่^(1,2,3,4)

จากการศึกษาก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการตรวจพิเศษเพิ่มเติมเพื่อช่วยในการวินิจฉัยภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติพบว่ามีความหลากหลาย ได้แก่ quantitative threshold testing (QST), thermoregulatory sweat test, sympathetic skin response, quantitative sudomotor axon reflex testing และ assessment of epidermal nerve twigs⁽⁵⁾

Shukla G และคณะ⁽⁶⁾ ได้ทำการประเมินผู้ป่วยที่มีภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติด้วย quantitative sensory testing พบว่า QST มีความไวร้อยละ 72 ในการตรวจวินิจฉัยภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติ ส่วนงานวิจัยของ Tobin K และคณะ⁽⁷⁾ พบความไวร้อยละ 67 จากงานวิจัยของ Yarnitsky D และคณะและ Reulen JP และคณะ^(8,9) รายงานความไวของ QST อยู่ระหว่างร้อยละ 60-85 โดย Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology สรุปว่า QST เป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ในการประเมินความผิดปกติของเส้นใยประสาทรับรู้สัมผัส⁽¹⁰⁾

QST เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการประเมินการทำงานของเส้นใยประสาทรับรู้สัมผัสทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยเส้นใยประสาทขนาดเล็กประเมินความรู้สึกเจ็บและความรู้สึกร้อนเย็น ส่วนเส้นใยประสาทขนาดใหญ่จะประเมินความรู้สึกสั่นสะเทือน (vibration sensation)^{11,12} ขั้นตอนในการประเมินง่าย เร็ว และไม่เป็นอันตรายกับผู้ถูกประเมิน แต่ต้องอาศัยความร่วมมือและความตั้งใจของผู้ป่วยในขั้นตอนการประเมิน

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดอาการชาปลายมือหรือปลายเท้า โดยที่จำนวนอุบัติเหตุหรืออัตรายังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัด เนื่องจากยังมีผู้ทำการศึกษาไม่มากนัก ซึ่งผู้วิจัยพบว่าในทางเวชปฏิบัติมีผู้ป่วยจำนวนหนึ่งที่มีอาการชาปลายมือหรือปลายเท้า และได้รับการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ จึงเป็นที่มาของการศึกษาวิจัยนี้ เพื่อต้องการหาภาวะใยประสาทขนาดเล็กผิดปกติในผู้ป่วยกลุ่มที่มีอาการชาปลายมือหรือปลายเท้า แต่การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติโดยใช้การตรวจด้วย QST เพื่อการวินิจฉัยโรคได้ถูกต้องและได้รับการรักษาที่เหมาะสม

วิธีการศึกษา

กลุ่มประชากร

กลุ่มผู้ป่วย ที่มีอาการชามือแต่ผลการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ และลงนามยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือก

- ผู้ป่วยอายุระหว่าง 18-60 ปี
- มีอาการชา ที่ปลายมือข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้ง 2 ข้าง
- การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ

เกณฑ์การคัดออก

- มีระบบประสาท กล้ามเนื้อหรือกระดูกและข้ออื่น ๆ ผิดปกติที่ทำให้มีอาการอ่อนแรงหรือชามือ

กลุ่มควบคุม

- คนปกติอายุระหว่าง 18-60 ปี

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องมือตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย ยี่ห้อ Medelec รุ่น Synergy (Oxford, England)
2. ขั้วไฟฟ้า (electrodes) สำหรับการตรวจการชักนำกระแสประสาท (nerve conduction study, NCS)
 - 2.1 ขั้วไฟฟ้าสำหรับบันทึกคลื่นไฟฟ้า
 - 2.1.1 Motor NCS ใช้ขั้วไฟฟ้าชนิด disc ขนาดเล็กเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 ซม.
 - 2.1.2 Sensory NCS ใช้ขั้วไฟฟ้าชนิด spring ring

- 2.2 Ground electrode ใช้ขั้วไฟฟ้าชนิด disc ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 ซม.
3. ตัวกระตุ้น (stimulator) ใช้ ขั้วไฟฟ้าชนิด felt pad ที่มีระยะห่างระหว่างขั้ว 3 ซม.
4. เครื่องตรวจ QST ยี่ห้อ Medoc รุ่น TAS-II (Neurosensory analyzer – VAS-3000 – Option) และ thermode ขนาด 30 มม. x 30 มม. (ดูรูปที่ 1)



รูปที่ 1 เครื่องตรวจ quantitative sensory testing

ขั้นตอนการวิจัย

1. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับคำอธิบาย วัตถุประสงค์ วิธีการวิจัย และผลข้างเคียงที่อาจเกิดขึ้น แล้วลงนามยินยอมเข้าร่วมวิจัย
2. ผู้เข้าร่วมวิจัยได้รับการซักประวัติและตรวจร่างกาย
3. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่ผ่านการตรวจในข้อ 2 จะได้รับการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย
4. ผู้เข้าร่วมวิจัยที่มี ผลการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ จะได้รับการตรวจ QST ดังนี้
 - 4.1 วาง thermode ที่ผิวหนังบริเวณ thenar ของมือข้างที่จะทำการทดสอบพร้อมรัดด้วยสายรัดให้แน่นโดยมือข้างที่ไม่ได้รับการตรวจวางบนแป้นกด
 - 4.2 ผู้เข้าร่วมวิจัยจะได้รับการตรวจความรู้สึกเย็น (cold sensation threshold, CST) โดยอุณหภูมิของ thermode จะค่อย ๆ ลดลงโดยการควบคุมจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ถ้าทดสอบรู้สึกเย็น ใช้มืออีกข้างกดที่แป้นกด ทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ย ส่วนการตรวจความรู้สึกอุ่น (warm sensation threshold, WST) ทำการทดสอบแบบเดียวกัน

***หมายเหตุ** อุณหภูมิตั้งต้นของเครื่องโปรแกรมคอมพิวเตอร์ขณะทดสอบคือ 32 องศาเซลเซียส ผู้เข้าร่วมวิจัยนั่งห่างจากคอมพิวเตอร์และไม่สามารถมองเห็นหน้าจอระหว่างการทดสอบได้

การศึกษาครั้งนี้ได้ผ่านการรับรองโดยคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

วิธีวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

เปรียบเทียบระดับอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงจนถึง cold sensation threshold (Δ CST) และ warm sensation threshold (Δ WST) ในกลุ่มผู้ป่วยและกลุ่มควบคุมโดยใช้ Mann Whitney U test ถือค่านัยสำคัญทางสถิติที่ p-value < 0.05 โดยใช้โปรแกรม SPSS version 10.0 ในการคำนวณ

ผลการศึกษา

กลุ่มผู้ป่วย 9 คนจำนวน 12 มือ เพศหญิง 8 คน เพศชาย 1 คน อายุ 33-60 ปี เฉลี่ย 51.44 (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.82) ปี และกลุ่มควบคุม 8 คน จำนวน 16 มือ อายุ 24-49 ปี เฉลี่ย 37.38 (เบี่ยงเบนมาตรฐาน 10.10) ปี ผู้ป่วยทุกคนมีอาการชาปลายมือระยะเวลาที่มีอาการชาปลายมือ 1-12 เดือน เฉลี่ย 5.33 (เบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.69) เดือน

การตรวจทางระบบประสาทของทั้ง 9 คน จำนวน 12 มือ มีความรู้สึกเจ็บผิดปกติโดยพบว่า มีความผิดปกติที่บริเวณนิ้วที่ 1 และ 2 จำนวน 1 มือ นิ้วที่ 1, 2 และ 3 จำนวน 2 มือ นิ้วที่ 1, 2, 3 และ 4 จำนวน 5 มือ และทั้ง 5 นิ้ว จำนวน 4 มือ และมีเพียง 1 มือ ที่พบมีความผิดปกติของความรู้สึกสัมผัสและความรู้สึกถึงแรงกด ส่วนการตรวจ Phalen test พบความผิดปกติจำนวน 10 มือ ดังตารางที่ 1

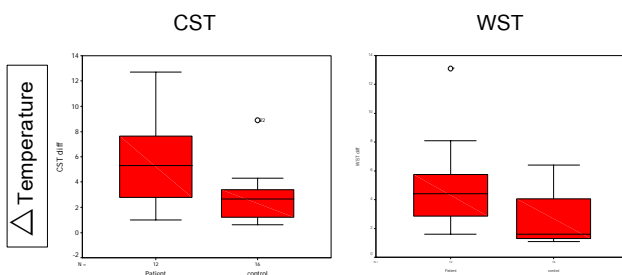
ปัจจัยต่าง ๆ	กลุ่มผู้ป่วย	กลุ่มควบคุม
อายุ		
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ปี)	51.44 (7.82)	37.38 (10.10)
พิสัย (ปี)	33 - 60	24 - 49
เพศ (ชาย : หญิง)	1 : 8	0 : 8
ระยะเวลาที่มีอาการ		
ค่าเฉลี่ย (ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน) (ปี)	5.33 (4.69)	
พิสัย (ปี)	1-12	
อาการชา (จำนวนมือ)	12	
อาการปวด/แสบร้อน (จำนวนมือ)	0	
ชู่ชาเหมือนเป็นเหน็บ (จำนวนมือ)	0	
ความรู้สึกแหลมผิดปกติ (จำนวนมือ)	12	
ความรู้สึกสัมผัสผิดปกติ	1	
ความรู้สึกกดผิดปกติ (monofilament)	1	
การตรวจ Phalen : positive (จำนวนมือ)	10	

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลพื้นฐานในกลุ่มผู้ป่วยและกลุ่มควบคุม

ในกลุ่มผู้ป่วยค่า Δ CST และ Δ WST มีค่ากลาง (median) และ (interquartile range, IQR) คือ 5.30 (2.60-8.37) และ 4.40 (2.82-5.92) องศาเซลเซียส ส่วนกลุ่มควบคุมมีค่ากลาง และ IQR คือ 2.65 (1.65-3.40) และ 1.60 (1.30-4.47) องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังตารางที่ 2 และรูปที่ 2

	กลุ่มผู้ป่วย	กลุ่มควบคุม	P- value
QST	median (IQR)	median (IQR)	
Δ CST ($^{\circ}$)	5.30 (2.60 - 8.37)	2.65 (1.15 - 3.40)	0.015
Δ WST ($^{\circ}$)	4.40 (2.82 - 5.92)	1.60 (1.30 - 4.47)	0.016

ตารางที่ 2 แสดงค่า QST [median(IQR)] ระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของความรู้สึกเย็น (CST) และอุ่น (WST) ในกลุ่มผู้ป่วยและกลุ่มควบคุม



	patient	control	patient	control
Median ($^{\circ}$)	5.30	2.65	4.40	1.60
IQR ($^{\circ}$)	2.60-8.37	1.15-3.40	2.82-5.92	1.30-4.47

รูปที่ 2 QST [median (IQR)] ค่าระดับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงของความรู้สึกเย็น (CST) และอุ่น (WST) ในกลุ่มผู้ป่วยและกลุ่มควบคุม

บทวิจารณ์

กลุ่มผู้ป่วยในการศึกษานี้ มีอาการชามือเป็นอาการหลัก ไม่มีอาการอื่นร่วมด้วย และความผิดปกติที่ตรวจพบได้จากการตรวจความรู้สึกแหลมเป็นส่วนใหญ่ ความรู้สึกที่มากหรือน้อยกว่าปกติ (hyper-/ hypo-algesia) จากการตรวจด้วยความรู้สึกแหลมนั้นใช้ใยประสาท A-delta ในการนำกระแสประสาทสำหรับการตรวจ CST และ WST นั้นเป็นการตรวจประเมินการทำงานของใยประสาท C และ A-delta ดังนั้นจึงอาจอธิบายผลการศึกษาที่พบว่า CST และ WST ในกลุ่มผู้ป่วยแตกต่างจากกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการตรวจ combined sensory index (CSI) ในการบอกความผิดปกติในการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัย เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจที่มีความไวที่สูงถึงร้อยละ 83.1 เมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ⁽¹⁷⁾ สำหรับผู้ป่วยในการศึกษานี้ มีอาการชาเฉพาะมือ และมีอาการอื่น ๆ ที่เข้าได้กับเส้นประสาทมีเดียนถูกกดทับที่อุโมงค์ข้อมือ (carpal tunnel syndrome, CTS) แต่การตรวจ

ไฟฟ้าวินิจฉัยปกติ ทั้งนี้ได้เคยมีการรายงานว่าอาจพบว่าการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติได้ร้อยละ 16-34 ของผู้ป่วย CTS โดยได้ให้ความเห็นเสนอแนะว่าการตรวจการทำงานของใยประสาทขนาดเล็ก อาจช่วยให้สามารถวินิจฉัยภาวะ CTS ได้ตั้งแต่นั้น ๆ (early recognition)⁽¹⁸⁾

จากการศึกษาก่อนหน้า ที่ได้ทำการศึกษาในผู้ป่วยที่มีอาการชามือ และมีอาการและ/ หรืออาการแสดงที่ให้การวินิจฉัยเป็น CTS พบว่า มี CST และ WST สูงขึ้น^(13,14,15) Borg และคณะ⁽¹⁶⁾ ได้ทำการศึกษา CST และ WST ในผู้ป่วย CTS พบว่ามีความผิดปกติร้อยละ 15 ในผู้ป่วย 22 ราย (33มือ) อย่างไรก็ตาม การศึกษาต่าง ๆ ชำ้ต้น เป็นกลุ่มผู้ป่วยที่ตรวจพบความผิดปกติจากการตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยแล้ว

QST เป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการประเมินการทำงานของใยประสาทรับความรู้สึกทั้งขนาดใหญ่และเล็กถึงแม้ขั้นตอนในการประเมินง่าย เร็ว และไม่เป็นอันตรายต่อผู้ถูกประเมินรวมทั้งความไวอยู่ในระดับสูง แต่ต้องอาศัยความร่วมมือ ความตั้งใจ และสมาธิของผู้เข้าร่วมวิจัยในขั้นตอนการประเมินรวมถึงสภาวะจิตใจและอารมณ์ของผู้ถูกประเมินมีผลต่อการแปลผล ดังนั้นอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการแปลผลวินิจฉัยได้

การศึกษานี้เป็นการศึกษานำร่อง จึงยังไม่อาจสรุปได้แน่ชัดว่าในกลุ่มผู้ป่วยที่พบ CST และ WST สูงกว่าปกติ จะสามารถใช้ QST เป็นการวินิจฉัยภาวะ CTS เนื่องจากการตรวจ QST ยังมีข้อจำกัดดังกล่าวข้างต้น นอกจากนี้กลุ่มควบคุมซึ่งเป็นคนปกติมีอายุเฉลี่ยน้อยกว่าในกลุ่มผู้ป่วย และอายุที่มากขึ้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้การการชักนำกระแสประสาทลดลง จึงอาจทำให้กลุ่มผู้ป่วยมีค่า CST และ WST สูงกว่าในกลุ่มคนปกติ อีกทั้งการศึกษานี้ยังมีจำนวนประชากรน้อย หากได้มีการศึกษาต่อไปโดยเพิ่มจำนวนประชากรมากขึ้นให้ช่วงอายุกลุ่มควบคุมและกลุ่มผู้ป่วยใกล้เคียงกัน อาจทำให้ผลการศึกษาชัดเจนมากขึ้น

สรุป

ผู้ป่วยที่มีอาการชาปลายมือแต่การตรวจไฟฟ้าวินิจฉัยปกติเมื่อตรวจ quantitative sensory testing พบมี cold และ warm sensation threshold สูงขึ้น อาจบ่งชี้ว่าการรับความรู้สึกผ่านใยประสาทขนาดเล็กทำงานผิดปกติ

กิตติกรรมประกาศ

คุณอุมาพร อุดมทรัพย์ากุล กลุ่มงานระบาศิทยาและชีวสถิติ และคณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารอ้างอิง

1. Santiago S, Ferrer T, Espinosa ML. Neurophysiological studies of thin myelinated (A delta) and unmyelinated (C) fibers : application to peripheral neuropathies. *Neurophysiol Clin* 2000; 30: 27-42.
2. Devigili G, Tugnoli V, Penza P, Camozzi F, Lombardi R, Melli G, et al. The diagnostic criteria for small fiber neuropathy: from symptoms to neuropathology. *Brain* 2008; 131: 1912-25.
3. Dumitru D, Amato AA, Zwarts M. Acquired neuropathies In: Dumitru D, Amato AA, Zwarts M, eds. *Electrodiagnostic medicine*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc, 2002: 1015-6.
4. Dumitru D, Amato AA, Zwarts M. Approach to peripheral neuropathy In: Amato AA, Zwarts M, eds. *Electrodiagnostic medicine*. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc, 2002: 885-97.
5. Hoitsma E, Reulen JP, de Baets M, Drent M, Spaans F, Faber CG. Small fiber neuropathy: a common and important clinical disorder. *J Neurol Sci* 2004; 227: 119-30.
6. Shukla G, Bhatia M, Behari M. Quantitative thermal sensory testing-value of testing for both cold and warm sensation detection in evaluation of small fiber neuropathy. *Clin Neurol Neurosurg* 2005; 107: 486-90.
7. Tobin K, Giuliani MJ, Lacomis D. Comparison of different modalities for detection of small fiber neuropathy. *Clin Neurophysiol* 1999; 110: 1909-12.
8. Yarnitsky D, Sprecher E. Thermal testing: normative data and repeatability for various test algorithms. *J Neurol Sci* 1994; 125: 39-45.
9. Reulen JP, Lansbergen MD, Verstraete E, Spaans F. Comparison of thermal threshold tests to assess small nerve fiber function: limits vs. levels. *Clin Neurophysiol* 2003; 114: 556-63.
10. Shy ME, Frohman EM, So YT, Arezzo JC, Cornblath DR, Guilliani MJ, et al. Quantitative sensory testing: report of the therapeutics and technology assessment subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2003; 60: 898-904.
11. Magda P, Latov N, Renard MV, Sander HW. Quantitative sensory testing: high sensitivity in small fiber neuropathy with normal NCS/EMG. *J Peripher Nerv Syst* 2002; 7: 225-8.
12. Dumitru D, Amato AA, Zwarts M. Quantitative sensory testing In: Amato AA, Zwarts M, eds. *Electrodiagnostic medicine*. 2nd ed. Philadelphia: Hanley & Belfus, Inc, 2002: 429-35.
13. Merchut MP, Kelly MA, Toleikis SC. Quantitative sensory thresholds in carpal tunnel syndrome. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1990; 30: 119-24.
14. Westermann RA, Delancy CA. Palmar cold threshold test and median nerve electrophysiology in carpal tunnel compression neuropathy. *Clin Exp Neurol* 1991; 28: 154-67.
15. Goadsby PJ, Burke D. Deficits in the function of small and large afferent fibers in confirmed cases of carpal tunnel syndrome. *Muscle Nerve* 1994; 17: 614-22.
16. Borg K, Lindblom U. Diagnostic value of quantitative sensory testing (QST) in carpal tunnel syndrome. *Acta Neurol Scand* 1988; 78: 537-41.
17. Robinson LR, Micklesen PJ, Wang L. Strategies for analyzing nerve conduction data: superiority of a summary index over single tests. *Muscle Nerve* 1998; 21: 1166-71.
18. EP Wilder-Smith, Seet RC, Lim EC. Diagnosing carpal tunnel syndrome – clinical criteria and ancillary tests. *Nat Clin Pract Neuro* 2006; 2: 366-74.